

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

*Факультет інформатики та обчислювальної техніки*

(назва факультету, інституту)

*Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління*

(назва кафедри)

"На правах рукопису"

УДК 004.89

«До захисту допущено»

В.о.завідувача кафедри

О.А.Павлов

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 20 19 р.

**МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ**

**на здобуття ступеня магістра**

за спеціальністю 126 Інформаційні системи та технології

(код та назва спеціальності)

ОПП

Інформаційні управляючі системи та технології

(код та назва спеціалізації)

на тему: Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням  
когнітивного підходу

Виконав: студент

VI курсу групи ІС-83мп

(шифр групи)

Джура Роман Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

доцент, к.т.н. доц. Жданова О.Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

проф., д.т.н., проф. Томашевський В.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

доцент, к.т.н. доц. Рєпнікова Н.Б.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
(повна назва)

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління  
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології  
(код і назва)

ОПП Інформаційні управляючі системи та технології  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о.завідувача кафедри  
О.А.Павлов  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Джурі Роману Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу
- науковий керівник дисертації Жданова Олена Григорівна, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом по університету від “ 27 ” 11 20 19 р. № №4005-с
2. Строк подання студентом дисертації “ 2 ” 12 20 19 р.
3. Об'єкт дослідження Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу
4. Перелік завдань, які потрібно розробити розглянути існуючі методи аналізу слабкоструктурованих систем; розробити модель слабкоструктурованої системи що базується на використанні когнітивного підходу; розробити алгоритм розрахунку майбутнього стану системи на основі можливих впливів на неї; розробити систему моделювання слабкоструктурованої системи, яка дозволяє прогнозувати можливі значення альтернатив для подальшого використання їх у системі прийняття рішень.

5. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу \_\_\_\_\_

1. Діаграма діяльності для процесу створення та аналізу когнітивної карти;

2. Діаграма варіантів використання; 3. Діаграма бізнес процесу; 4. Схема бази даних; 5. Діаграма послідовності; 6. Діаграма класів.

6. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_ одні тези доповіді на науковій конференції

7. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

8. Дата видачі завдання “ 2 ” вересня 20 19 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Систематизація результатів огляду літератури	28.10	
2	Порівняльний аналіз існуючих методів розв'язання задачі	03.11	
3	Постановка та формалізація математичної моделі задачі	04.11	
4	Модифікація існуючих методів розв'язання задачі	06.11	
5	Розробка інформаційного та програмного забезпечення	11.11	
7	Проведення експериментальних досліджень розроблених алгоритмів	15.11	
8	Оформлення документації	19.11	
9	Подання роботи на попередній захист	20.11	
10	Подання роботи на основний захист	02.12	

Студент

(підпис)

Р.С. Джюра

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник

(підпис)

О.Г. Жданова

(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 97 с., 3 рис., 42 табл., 36 джерел, 1 додатки.

**Актуальність.** У наш час комп'ютерний аналіз ситуацій та систем є досить популярним напрямком що стрімко розвивається. Можливість отримати дані щодо майбутнього розвитку підприємства є дуже корисною. Але нажаль в більшості випадків проведення такого аналізу системи є досить складним завданням. Це пов'язано з тим що реальні системи досить важко представляти у вигляді певних математичних моделей, які можна аналізувати існуючими алгоритмами. Це, в свою чергу, відбувається через слабкоструктурованість таких систем та складність оцінки усіх факторів системи певними числовими значеннями. Дуже часто фактори, що мають вплив на систему взагалі неможливо оцінити кількісно, а можна їх оцінити лише якісно.

У зв'язку з цим актуальною є розробка програмного продукту для аналізу розвитку слабкоструктурованих систем за допомогою методології нечітких когнітивних карт.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась на кафедрі автоматизованих систем обробки інформації та управління Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» в рамках теми «Створення засобів імітаційного моделювання дискретно-подійних систем (державний реєстраційний номер 0117U000923)».

**Мета дослідження** – підвищення ефективності аналізу слабкоструктурованих систем за рахунок побудови нечітких когнітивних карт на основі певних статистичних даних і/або експертних оцінок поведінки системи.

Для досягнення мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- розглянути існуючі методи аналізу слабкоструктурованих систем;

- розробити модель слабкоструктурованої системи що базується на використанні когнітивного підходу;
- розробити алгоритм розрахунку майбутнього стану системи на основі можливих впливів на неї;
- розробити систему моделювання слабкоструктурованої системи, яка дозволяє прогнозувати можливі значення альтернатив для подальшого використання їх у системі прийняття рішень.

**Об’єкт дослідження** – слабкоструктуровані системи, такі як підприємства, навчальні заклади, економічні або соціальні системи.

**Предмет дослідження** – методи аналізу та прогнозування розвитку слабкоструктурованих систем.

#### **Наукова новизна отриманих результатів**

Розроблено підходи та методи вирішення поставленої задачі із використанням нечітких когнітивних карт та імпульсного моделювання. Використання розроблених моделей та методів дозволяє провести аналіз розвитку системи залежно від впливів застосованих на неї з плином часу.

**Публікації.** Матеріали роботи опубліковані в тезах на 3-ї всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління» (ІСТУ-2019).

КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, НЕЧІТКІ КОГНІТИВНІ КАРТИ,  
КОГНІТИВНИЙ ПІДХІД, ІМПУЛЬСНИЙ МЕТОД, ІМПУЛЬСНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ

## ABSTRACT

**Actuality.** Nowadays, computer analysis of situations and systems is a very popular area of rapid development. Being able to get information about the future development of the enterprise is very useful. Unfortunately, in most cases, such an analysis of the system is quite difficult. This is due to the fact that real systems are quite difficult to represent in the form of certain mathematical models that can be analyzed by existing algorithms. This, in turn, is due to the weak structure of such systems and the complexity of estimating all factors of the system by certain numerical values. Very often, factors that affect the system cannot be quantified at all, but can only be evaluated qualitatively.

In this regard, it is important to develop a software product for analyzing the development of weakly structured systems using the methodology of fuzzy cognitive maps.

**Relationship with academic programs, plans, themes.** The work was performed at the Department of Automated Information Processing and Management Systems of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute. Igor Sikorsky» within the topic «Creation of simulation tools for discrete event systems (state registration number 0117U000923)».

**The goal is** to improve the efficiency of the analysis of weakly structured systems by building fuzzy cognitive maps based on certain statistics and / or expert assessments of the behavior of the system.

To achieve this goal, the following **tasks** must be completed:

- consider existing methods of analysis of weakly structured systems;
- develop a model of a weakly structured system based on the use of a cognitive approach;
- develop an algorithm for calculating the future state of the system based on the possible effects on it;

– develop a system of modeling a weakly structured system that allows to predict the possible values of alternatives for their further use in the decision-making system.

**Object of research** – weakly-structured systems such as businesses, educational institutions, economic or social systems.

**Subject of research** – methods of analysis and prediction of the development of weakly structured systems.

**Scientific novelty of the obtained results.**

Approaches and methods for solving this problem using fuzzy cognitive maps and impulse modeling have been developed. Using the developed models and methods allows to analyze the development of the system depending on the effects applied to it over time.

**Publications.** The materials of the work were published in the abstracts at the 3rd All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students "Information Systems and Technologies of Management" (ICTY-2019).

COGNITIVE MODELING, FUZZY COGNITIVE MAPS, COGNITIVE APPROACH, IMPULSE METHOD, IMPULSE MODELING

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП.....	10
1 ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБКИ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ СЛАБКОСТРУКТУРОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ КОГНІТИВНОГО ПІДХОДУ.....	11
1.1 Опис бізнес – процесів.....	11
1.1.1 Опис предметного середовища.....	11
1.1.2 Опис процесу діяльності .....	19
1.1.3 Актори і функції.....	20
1.1.4 Структура бізнес-процесів .....	20
1.2 Схема функціональної структури.....	21
1.3 Опис постановки задачі .....	21
1.4 Рішення з інформаційного забезпечення.....	22
1.4.1 Вхідні дані.....	22
1.4.2 Вихідні дані .....	23
1.4.3 Опис структури бази даних.....	23
Висновки .....	26
2 МОДЕЛЮВАННЯ СЛАБКОСТРУКТУРОВАНИХ СИСТЕМ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА ВИКОРИСТАННІ КОГНІТИВНИХ КАРТ.....	28
2.1 Змістовна постановка задачі .....	28
2.2 Математична модель.....	29
2.3 Огляд методів розв’язання .....	32
2.4 Адаптація та удосконалення методу розв’язання задачі .....	37
2.5 Розробка алгоритму розв’язання .....	40
2.6 Результати досліджень ефективності методу.....	41
Висновки .....	47
3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	49
3.1 Засоби розробки .....	49
3.2 Вимоги до технічного забезпечення .....	54



3.2.1 Загальні вимоги .....	54
3.3 Архітектура програмного забезпечення .....	55
3.3.1 Діаграма послідовності .....	55
3.3.2 Діаграма класів .....	56
3.3.3 Специфікація функцій .....	58
Висновки .....	71
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	72
4.1 Опис основних ідей проекту системи моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу.....	72
4.2 Аналіз ринкових можливостей проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу.....	74
4.3 Технологічний аудит ідеї системи моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу.....	79
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу.....	80
4.5 Розроблення маркетингової програми проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу.....	82
Висновки .....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	86
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	87
ДОДАТОК А.....	91
Діаграма діяльності для процесу створення та аналізу когнітивної карти .....	92
Діаграма варіантів використання.....	93
Діаграма бізнес процесу .....	94
Схема бази даних.....	95
Діаграма послідовності .....	96
Діаграма класів .....	97

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ**

**БД** – база даних

**ОС** – операційна система

**ПЗ** – програмне забезпечення

**API** – прикладний програмний інтерфейс

**СКРБД** – система керування реляційними базами даних

**SPA** – односторінковий застосунок (інтерфейс)

**DTO** – Data Transfer Object

## ВСТУП

Передумовами успішного управління на сьогодні є отримання та швидкий аналіз достовірної інформації. Особливо актуальним це стає тоді, коли об'єктом управління є слабкоструктурована система що складається з певних складних процесів і чинників, що мають вплив один на одного.

Одним із найбільш продуктивних методів вирішення такої проблеми, що може виникнути в галузі управління та організації, є в застосування когнітивного аналізу. Запропонована американським дослідником Р. Аксельродом методологія когнітивного моделювання, може бути використана як для аналізу так і для подальшого прийняття рішень в слабкоструктурованих системах.

Спочатку когнітивний аналіз сформувався в рамках соціальної психології, що займається вивченням процесів сприйняття і пізнання. Застосування розробок соціальної психології в теорії управління призвело до формування особливої галузі знань - когнітології, що концентрується на дослідженні проблем управління і прийняття рішень.

Зараз методологія когнітивного моделювання стрімко розвивається в напрямку покращення апарату аналізу та моделювання ситуацій. Для вирішення прикладних завдань в сфері управління використовуються комп'ютерні системи що засновані на досягненнях когнітивного аналізу.

# **1 ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБКИ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ СЛАБКОСТРУКТУРОВАНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ КОГНІТИВНОГО ПІДХОДУ**

## **1.1 Опис бізнес – процесів**

### **1.1.1 Опис предметного середовища**

Дослідники, зацікавлені в когнітивних процесах людини, давно використовують комп'ютерне моделювання, щоб спробувати ідентифікувати принципи пізнання. Стратегія полягає в тому щоб побудувати обчислювальні моделі, які втілюють набір принципів, а потім вивчити, наскільки вдало ці моделі відображають продуктивність людини у пізнавальних завданнях. Обчислювальне моделювання має як сильні, так і слабкі сторони своєї корисності у сприянні розвитку когнітивних теорій. Робоча реалізація моделі дає можливість як для перевірки повноти та внутрішньої узгодженості основоположних теоретичних принципів, так і для створення детальних, кількісних прогнозів моделі при тестуванні за нових обставин:

- у спробах використовувати інформаційні технології для прийняття рішень у соціальній та економічній, організаційній, політичній та інших сферах, пов'язаних із суспільством, як правило, ми стикаємось з так званими слабо структурованими предметними доменами, які характеризуються наступними специфічними ознаками;

- система концептів (чинників, понять), що описує предметну область та відносини між ними які не визначено з достатньою повнотою - багато факторів, співвідношень та параметрів виявляються лише при подальшому аналізі побудованої моделі;

- предметна область динамічна; тобто вона являє собою ситуацію, параметри якої залежать від часу в результаті взаємодії факторів, які її породжують;
- коли задано основні параметри системи (виявлено значення факторів, ступінь впливу певних факторів на інші фактори), вони якісні та неточні і є нечіткими змінними, або словесні (лінгвістичні) оцінки, що генерують лінійно впорядковану шкалу;
- значення параметрів системи в основному отримані шляхом опитування експертів; отже, вони є суб'єктивними оцінками; навіть ті фактори та відносини які можна виразити якісно в результаті обробки даних економічної статистики, соціологічних опитувань, тощо, можуть бути оцінені по-різному різними експертів; відповідно, кінцеві значення параметрів залучення експерта до моделі є результатом його приватної суб'єктивної обробки цих даних, включаючи вибір однієї з оцінок (або їх зваженої згортки), облік достовірності даних, репутацію джерела тощо;
- заздалегідь сформульованих альтернатив станів системи не багато і, часто, вони є очевидними; неочевидні альтернативи, серед яких найкращі, як правило, з'являються лише вони в ході аналізу ситуації.

При оцінці виявлених альтернатив необхідно враховувати динаміку ситуації, тобто прогноз її розвитку під дією різних факторів, появу побічних наслідків, тощо.

*Когнітивне моделювання* - визначення, як правило із застосуванням комп'ютерних систем, найбільш ефективних управлінських рішень і/або сценаріїв розвитку системи на основі виділення концептів (факторів), які характеризують стан системи кількісно або якісно, а також оцінки взаємовпливу факторів один на одного. Як правило, моделювання на основі когнітивного підходу здійснюється командою людей (керівників, менеджерів, експертів), що є відповідальними за розвиток деякої слабкоструктурованої системи.

Методологія когнітивного моделювання використовується для аналізу та подальшого прийняття рішень в погано визначених ситуаціях, була запропонована Аксельродом [1]. Вона засновується на моделюванні суб'єктивних уявлень кожного з експертів про систему і включає:

- структурування системи: модель представлення знань експерта-аналітика у вигляді знакового орграфу (когнітивної карти)  $(F, W)$ , де  $F$  - множина концептів ситуації,  $W$  - множина причинно-наслідкових зв'язків між концептами системи;
- методи аналізу системи.

В наш час методологія когнітивного моделювання стрімко розвивається в напрямку покращення апарату аналізу та моделювання системи.

Основні етапи когнітивного моделювання включають:

ЕТАП 1 Обґрунтування мети і завдань дослідження.

ЕТАП 2 Вивчення рівня складності ситуації з позицій поставленої мети: збирання, систематизація, аналіз наявної статистичної та якісної інформації про об'єкти управління та їх зовнішнє середовище, визначення притаманних досліджуваній ситуації вимог, умов і обмежень

ЕТАП 3 Виділення основних концептів, що впливають на розвиток економіко- організаційної ситуації.

ЕТАП 4 Визначення взаємозв'язків між концептами шляхом розгляду їх причинно-наслідкових зв'язків (побудова когнітивної карти у вигляді орієнтованого графа).

ЕТАП 5 Дослідження сили взаємодії різних концептів. Для цього можуть бути використані як математичні моделі, які описують деякі точно визначені кількісні залежності між концептами, так і суб'єктивні уявлення експерта щодо формалізації якісних взаємозв'язків між концептами. На етапах 3-5 будується остаточна когнітивна модель системи. В подальшому вона подається у вигляді функціонального графа.

ЕТАП 6    Перевірка адекватності когнітивної моделі на реальній ситуації (верифікація когнітивної моделі).

ЕТАП 7    Визначення на основі когнітивної моделі можливих варіантів подальшого розвитку системи, виявлення шляхів та способів впливу на систему з метою досягнення бажаних результатів, запобігання небажаним наслідкам, тобто вироблення стратегії управління. Завдання цільових, бажаних напрямків і сили зміни тенденцій процесів у ситуації. Вибір комплексу заходів (сукупності керуючих факторів), визначення їх можливої і бажаної сили і спрямованості впливу на ситуацію (конкретно-практичне застосування когнітивної моделі) [2, 3].

Використання когнітивного підходу під час дослідження складних слабкоструктурованих систем, що в даному випадку розглядається в контексті безперервної «взаємодії» результатів дослідження суб'єктом складного об'єкта і самого об'єкта, необхідно розглядати щонайменше з трьох позицій:

- позиція «корисності» («шкоди») наслідків прийнятих рішень для об'єкта;
- позиція отримання нових знань про об'єкт;
- корисність отриманих знань для самого суб'єкта.

У першому випадку особливо важливо розуміти «ризик людського фактору». З огляду на слабкоструктурованість проблем великих систем, ускладненість «правильного» збору та аналізу інформації про них, «правильність» поставленої мети дослідження (тлумачення механізму явищ прогнозування, управління, генерації управлінських рішень, їх оцінювання, прийняття рішень тощо), слід замислитися про необхідність зручного інструменту для проведення досліджень і підтримки прийняття рішень.

Когнітивний аналіз розглядається як один з найбільш потужних інструментів дослідження нестабільної і слабкоструктурованої системи. Він сприяє кращому розумінню існуючих в середовищі проблем, виявленню суперечностей та якісному аналізу процесів, що протікають. Суть когнітивного (пізнавального) моделювання - ключового моменту когнітивного аналізу - полягає у відображенні найскладніших

проблем і тенденцій розвитку системи в більш простому вигляді в моделі, дослідженні можливостей виникнення кризових ситуацій та знаходженні способів і умов їх вирішення в модельній ситуації. Використання когнітивних моделей якісно підвищує обґрунтованість прийняття управлінських рішень у складній і швидкоплинних обставині, позбавляє експерта від «інтуїтивного блукання», економить час на осмислення та інтерпретацію відбуваються в системі подій [4].

Для пояснення принципів використання інформаційних пізнавальних (когнітивних) технологій для вдосконалення управління використовують метафору корабля в бурхливому океані - так звану модель «фрегат-океан». Більшість видів комерційної та некомерційної діяльності в нестабільній і слабкоструктурованій середовищі «неминуче пов'язані з ризиком, що викликається як невизначеністю майбутніх умов роботи, так і можливими помилковими рішеннями, прийнятими керівництвом. Керівництву дуже важливо вміти передбачити подібні труднощі й завчасно розробити стратегії їх подолання, тобто мати заздалегідь опрацьовані установки можливої поведінки». Ці розробки пропонується проводити на моделях, в яких інформаційна модель об'єкта управління («фрегат») взаємодіє з моделлю зовнішнього середовища - економічної, соціальної, політичної і т.д. («океан»). «Мета такого моделювання - дати рекомендації" фрегату "як перетнути" океан "з найменшими" зусиллями "... Інтерес ... представляють способи досягнення мети з урахуванням попутних" вітрів "та" течій "... Отже, ставимо за мету: визначити" розу вітрів "... [ зовнішнього середовища], а там подивимося, які "вітри" будуть попутними, які - зустрічними, як ними скористатися і як виявити важливі для ... [об'єкта] властивості зовнішньої ситуації» [5].

Таким чином, сутність когнітивного підходу полягає, як уже згадувалося, в тому, що б допомогти експерту відрефлексувати ситуацію і розробити найбільш ефективну стратегію управління, спираючись не стільки на своїй інтуїції, скільки на упорядкованому і верифікувати (наскільки це можливо) знанні про складну



систему. Приклади застосування когнітивного аналізу для вирішення конкретних завдань будуть розглянуті нижче.

Головним результатом описаного підходу є побудова когнітивної карти, яка відображає суб'єктивні уявлення (індивідуальні або колективні) про функціонування і розвиток досліджуваної системи. Когнітивне моделювання сприяє кращому розумінню проблемної ситуації, виявлення суперечностей та якісному аналізу системи. Метою моделювання є формування та уточнення гіпотези про функціонування досліджуваної складної системи, яка складається з окремих, але все ж пов'язаних між собою елементів і підсистем. Для того щоб зрозуміти і проаналізувати поведінку складної системи, будується структурна схема причинно-наслідкових зв'язків елементів системи. Аналіз цих зв'язків необхідний для реалізації різних управлінь процесами в системі.

Головним призначенням когнітивної моделі є допомога експерту-аналітику в процесі пізнання і відповідно вироблення правильного рішення. Тому когнітивний підхід використовується в системах підтримки прийняття рішень.

Когнітивна модель візуалізує і впорядковує інформацію про обстановку, задум, мету і діях. При цьому візуалізація відіграє важливу когнітивну функцію. Вона не тільки ілюструє результати дій суб'єкта управління, а й підказує йому можливі способи аналізу і генерації варіантів рішень.

Однак когнітивна модель використовується не тільки для систематизації і «прояснення» знань експерта-аналітика, а й застосовується для пошуку найбільш вигідних «точок прикладання» керуючих впливів суб'єкта управління. Іншими словами, когнітивна модель пояснює та ілюструє, на які чинники або взаємозв'язки концептів необхідно вплинути, з якою мірою і в якому напрямі, для отримання бажаних змін цільових концептах, тобто для досягнення мети управління отримавши при цьому найменші витрати.

Керуючі впливи можуть бути короткочасними (імпульсними) або тривалими (безперервними), що діють аж до досягнення мети. Можливо і спільне використання імпульсних і безперервних дій, що управляють [5].

Комплекс взаємопов'язаних дій, що управляють і їх логічна тимчасова послідовність складають цілісну стратегію управління (модель управління).

Застосовуючи різноманітні моделі управління можна отримати абсолютно різні результати. Тут важливим є вміння передбачати, до яких саме наслідків це може призвести в кінцевому підсумку, чи на інших управлінських стратегіях.

Для розробки такого роду прогнозів зазвичай використовується сценарне моделювання в рамках когнітивного аналізу. Іноді його ще називають «динамічним імітаційним моделюванням».

Сценарний підхід являє собою свого роду «розігрування» різноманітних варіантів можливого розвитку подій, що на пряму залежить як від обраної моделі управління так і від впливу непередбачуваних факторів. Для кожного сценарію розроблюється тріада «вихідні передумови - вплив на ситуацію - отриманий результат». У такому випадку отримана когнітивна модель дозволяє враховувати весь комплекс керуючих ефектів для різних концептів, динаміку концептів і їх взаємозв'язків при різних умовах.

Таким чином, можна виявити всі можливі сценарії розвитку системи і розробити для задовільних або бажаних сценаріїв розвитку відповідні стратегії управління.

Досить часто сценарне моделювання включається в перелік етапів когнітивного аналізу або ж розглядається як доповнення до самого когнітивного аналізу.

Підсумовуючи думки дослідників щодо стадій сценарного моделювання, можна представити етапи сценарного аналізу наступним чином:

- розробка бажаної зміни цільових факторів що відображає основну мету управління;
- розробка сценаріїв розвитку ситуації при застосуванні різних стратегій управління;
- визначення досяжності поставленої мети (можливості бути реалізованим сценаріїв, що ведуть до неї); перевірка оптимальності вже наміченої стратегії управління (якщо така є); вибір оптимальної стратегії, відповідної найкращому, з точки зору поставленої мети, сценарієм;
- конкретизація оптимальної управлінської моделі - розробка конкретно-практичних рекомендацій керівникам; ця конкретизація включає в себе виявлення керуючих факторів (за допомогою яких можна впливати на розвиток подій), визначення сили і спрямованості дій, що управляють на керуючі фактори, передбачення ймовірних кризових ситуацій внаслідок впливу непередбачуваних зовнішніх чинників тощо [6].

Слід також зауважити, що етапи сценарного моделювання можуть змінюватися залежно від об'єкта дослідження і управління.

На першому етапі моделювання може бути досить якісної інформації, яка, як правило, не має еквівалентного числового значення і відображає саму суть ситуації. При подальшому переході до моделювання конкретного сценарію все більш значущим стає використання кількісних оцінок значень будь-яких показників. Далі для проведення необхідних обчислень, як правило, використовується лише кількісна інформація.

Першим сценарієм, для якого не вимагається ніяких дій з боку дослідника щодо його формування, є саморозвиток ситуації. В даному випадку відсутні будь-які керуючі впливи на систему і вектор керуючих впливів «порожній». Саморозвиток ситуації це початкова точка для подальшого формування сценаріїв. У випадку якщо результати, отримані при саморозвитку ситуації є задовільними,

то подальший сценарний аналіз, як правило, зводиться до дослідження впливу на систему зовнішнього середовища.

Виділяють два основні класи сценаріїв. Це сценарії, які моделюють впливи на систему ззовні і сценарії, що моделюють цілеспрямований розвиток ситуації [7].

В цілому когнітивне моделювання дозволяє:

- дослідити проблеми, що виникають в нестабільних, слабкоструктурованих середовищах (системах), які майже не піддаються вивченню з допомогою традиційних математичних моделей;
- враховувати зміни зовнішнього середовища і самого об'єкта управління;
- систематизувати і верифікувати уявлення експерта про об'єкт управління і його зовнішнього середовища;
- планувати майбутнє з урахуванням наявних у сьогоденні перспектив, ресурсів, коштів; використовувати об'єктивно сформовані тенденції розвитку ситуації в своїх інтересах;
- прогнозувати наслідки тих чи інших управлінських рішень;
- розробляти оптимальні стратегії управління в швидкоплинній обстановці з урахуванням впливу зовнішніх, внутрішніх, важко передбачуваних, швидкоплинних, довгострокових та інших видів тенденцій і чинників.

Сфера застосування когнітивних технологій є досить широкою. Це може бути як бізнес або регіональне управління, так і розробка економічних і політичних стратегій і програм. Також когнітивне моделювання широко застосовується у соціологічній, військовій та інших сферах.

### **1.1.2 Опис процесу діяльності**

Розглянемо дії, які має виконати користувач для моделювання системи за допомогою UML діаграми діяльності. Діаграма діяльності для процесу створення

та аналізу когнітивної карти зображена у графічному матеріалі (Додаток А «Діаграма діяльності для процесу створення та аналізу когнітивної карти»).

### **1.1.3 Актори і функції**

Функціональні вимоги до системи вказані на діаграмі варіантів використання, що наведена у графічному матеріалі (Додаток А «Діаграма варіантів використання»).

Акторами системи є:

- експерт-аналітик – задає фактори (концепти), їх можливі значення, межі зміни та крок зміни значень, а також визначає ступень взаємовпливу факторів один на одного, заповнюючи матрицю вагів;
- користувач – обирає значення конкретних факторів для визначення поточного стану системи;
- адміністратор – створює та додає в систему нових користувачів та призначає їм ролі.

### **1.1.4 Структура бізнес-процесів**

Моделювання системи відбувається за допомогою когнітивного підходу, основою якого є когнітивна карта, що відображає початковий стан системи та імпульсний метод, що допомагає отримати значення концептів карти в певний момент часу. Сам процес моделювання відбувається у два етапи.

На першому етапі відбувається оцінка та введення даних про концепти. Експерт-аналітик (або група експертів) проводить дослідження та задає кількісні або якісні способи оцінки значення кожного з концептів, максимальне та мінімальне можливе значення, а також мінімальний крок зміни значення. Далі будь-який користувач може, на основі даних визначених експертом-аналітиком, обрати для себе необхідні фактори, їх відповідні значення і проаналізувати стан системи та можливі варіанти альтернатив.

## 1.2 Схема функціональної структури

Користувачі взаємодіють з підсистемою наступним чином:

- експерт-аналітик визначає фактори (концепти) що впливають на систему;
- експерт-аналітик визначає шкалу оцінки кожного з факторів (концептів);
- експерт-аналітик визначає ступені взаємовпливу між факторами;
- користувач обирає відповідні значення кожного з факторів та переглядає стан когнітивної карти для своєї поточної ситуації;
- користувач переглядає результати аналізу та отримує перелік можливих альтернатив.

Функції, які будуть виконуватися системою:

- побудова когнітивної карти по вказаним користувачем значенням факторів (концептів);
- ручна взаємодія користувача з отриманою когнітивною картою з метою моделювання зовнішніх впливів на концепти системи та прогнозування відповідних змін у системі;
- автоматичний аналіз отриманої когнітивної карти з метою пошуку варіантів можливих альтернатив.

Схема бізнес процесу моделювання слабкоструктурованих систем на основі когнітивного підходу зображена на діаграмі бізнес процесу, що наведена у графічному матеріалі (Додаток А «Діаграма бізнес процесу»).

## 1.3 Опис постановки задачі

Мета: полегшення моделювання слабкоструктурованих систем та спрощення процесу усвідомлення системи на основі когнітивного підходу.

Призначення: моделювання слабкоструктурованих систем на основі когнітивного підходу.

Задачі:

- а) ведення користувачів;
- б) ведення когнітивних карт:
  - 1) ведення концептів (факторів);
  - 2) ведення взаємозв'язків між концептами;
  - 3) розрахунок змін, що відбуваються в системі під впливом зміни керуючих концептів;
  - 4) розрахунок та ведення значень концептів змодельованої слабкоструктурованої системи (альтернатив) для подальшого аналізу їх системою прийняття рішень.

Систему доцільно розробляти у вигляді веб-сервісу враховуючи швидкість і доступність Інтернету, простоту розробки, простоту і швидкість підключення до такої системи нових користувачів, а також наявність спільного сервера що міститиме базу концептів та взаємозв'язків системи, доступного для використання всіма користувачами.

## **1.4 Рішення з інформаційного забезпечення**

### **1.4.1 Вхідні дані**

Вхідними даними системи є:

- список користувачів;
- список експертів-аналітиків;
- список концептів (факторів);
- список значень або шкала оцінки кожного з концептів (за відсутності або недостатності інформації доповнюється або редагується експертами-аналітиками);
- список взаємозв'язків між концептами (за відсутності або недостатності інформації доповнюється або редагується експертами-аналітиками).

### 1.4.2 Вихідні дані

Вихідними даними є поточний стан змодельованої слабкоструктурованої системи, що подається або у вигляді когнітивної карти системи, або у вигляді таблиці концептів та їх значень. На виході система можна надати як один, так і декілька різних наборів значень концептів змодельованої слабкоструктурованої системи.

### 1.4.3 Опис структури бази даних

Веб-сервіс, що розробляється, будується за трирівневою клієнт-серверною архітектурою, згідно з якою дані зберігаємо на сервері бази даних.

Схема бази даних наведена у графічному матеріалі (Додаток А «Схема бази даних»).

Нижче приведений опис таблиць логічної структури бази даних:

Таблиця 1.1 – Призначення таблиць бази даних.

Назва таблиці	Призначення
Concept	Таблиця концептів (факторів)
ConceptRelation	Таблиця взаємовпливів концептів
User	Таблиця користувачів
Role	Таблиця ролей
CognitiveMap	Таблиця когнітивних карт
MapConcept	Таблиця прив'язки концептів до когнітивної карти

Всі таблиці бази даних наведені нижче у табличному форматі: ім'я таблиці, назва стовпця, тип даних та детальна інформація (таблиці 1.2 – 1.7).



Таблиця 1.2 – Опис структури таблиці концептів.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
Concept	Id	Int	Унікальний ідентифікатор
	ConceptName	Nvarchar(100)	Назва концепту (фактору)
	Description	Nvarchar(max)	Детальний опис концепту (фактору)
	MinValue	Decimal(18,2)	Мінімально можливе значення концепту
	MaxValue	Decimal(18,2)	Максимально можливе значення концепту
	Step	Decimal(18,2)	Мінімальне значення на яке може змінитися значення концепту

Таблиця 1.3 – Опис структури таблиці когнітивних карт.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
CognitiveMap	Id	Int	Унікальний ідентифікатор
	Name	Nvarchar(max)	Назва когнітивної карти
	Description	Nvarchar(max)	Детальний опис когнітивної карти

Таблиця 1.4 – Опис структури таблиці зв'язків між концептами.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
ConceptRelation	SourceConceptId	Int	Ідентифікатор концепту що має вплив
	DependentConceptId	Int	Ідентифікатор концепту що знаходиться під впливом
	Value	decimal	Значення на яке зміниться другий концепт при зміні першого концепту на один крок

Таблиця 1.5 – Опис структури таблиці зв'язків карт з концептами.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
MapConcept	CognitiveMapId	Int	Ідентифікатор когнітивної карти
	ConceptId	Int	Ідентифікатор концепту
	Value	decimal	Значення концепту

Таблиця 1.6 – Опис структури таблиці ролей користувачів.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
Role	Id	Int	Унікальний ідентифікатор
	Name	Nvarchar(max)	Назва ролі
	Description	Nvarchar(max)	Опис

Таблиця 1.7 – Опис структури таблиці користувачів.

Назва таблиці	Назва стовпця	Тип даних	Детальна інформація
User	Id	Int	Унікальний ідентифікатор
	FirstName	Nvarchar(max)	Ім'я користувача
	LastName	Nvarchar(max)	Прізвище користувача
	Email	Nvarchar(max)	Адреса електронної пошти
	Password	Nvarchar(max)	Пароль
	RoleId	Int	Ідентифікатор ролі користувача

## Висновки

В даному розділі наведено опис процесу діяльності для системи моделювання розвитку слабкоструктурованих систем на основі когнітивного підходу. Також в

розділі наведено перелік акторів системи та відповідні переліки функцій, виконуваних кожним актором.

Наведено структуру бізнес процесів та схему функціональної структури проекту, а також описано загальну постановку задачі, мету та призначення.

Розділ містить детальний опис структури та призначення усіх таблиць бази даних, вхідні та вихідні дані системи.

## **2 МОДЕЛЮВАННЯ СЛАБКОСТРУКТУРОВАНИХ СИСТЕМ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА ВИКОРИСТАННІ КОГНІТИВНИХ КАРТ**

### **2.1 Змістовна постановка задачі**

При моделюванні проблем прийняття рішень і управління в соціально-економічних системах на макроекономічному рівні важливою ланкою є завдання аналізу динамічних процесів різної природи, що протікають в цих системах. Подібні завдання виникають, як правило, при дослідженні слабкоструктурованих і неструктурованих проблем, що характеризуються нечіткими якісними описами. Об'єкт моделювання розглядається як сукупність взаємодіючих між собою динамічних процесів, що протікають в реальному часі. Для формалізації задач подібного кола зручно використовувати апарат знакових, зважених знакових і функціональних знакових графів. Як відомо, такий підхід дозволяє опрацьовувати як кількісні, так і якісні дані, причому ступінь використання кількісних показників може збільшуватися в залежності від можливостей кількісної оцінки взаємодіючих концептів в ітераційному циклі моделювання. У моделі динамічних процесів має бути присутнім час, але при поданні системи у вигляді графа цей параметр може і не мати сенсу часу, а відображати тільки послідовність зміни станів. Йдеться про застосування нечіткої когнітивної карти і когнітивного моделювання.

На даний час когнітивне моделювання широко застосовується в самих різних областях науки та техніки для моделювання слабкоструктурованих систем. На підставі вхідних даних формується когнітивна карта що відображає поточну ситуацію у системі. Взаємовпливи між факторами взято на основі статистичних даних або на основі експертних оцінок.

Під впливом різних збурень, що можуть бути викликані певними зовнішніми факторами, значення концептів можуть змінюватися. Сигнал, що надійшов в одну з вершин, викликає ланцюгову реакцію, що почирирюється усмі суміжними вершинами, посилюючись або затухаючи. У загальному випадку, якщо є кілька

вершин  $U_i$ , суміжних з  $U_j$ , процес поширення збудження по графу визначається наступним правилом:

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + \Sigma_f(x_i, x_j, e_{ij})p_j(t).$$

При відомих початкових значеннях  $X(0)$  у всіх вершинах і початковому векторі збурення  $P(0)$  [8]. Моделювання на графовій моделі проводиться кроками, які називають імпульсами або елементарними збуреннями. Суть цього процесу полягає в наступному: однією з вершин задається збудження, яке тягне за собою зміну показників на всіх інших вершинах по ланцюжку, причому посилюючись або згасаючи. Значення в вершинах будуть змінюватися через кожен крок імітації  $t$ . Вершина, в якій задається збудження, актуалізує всю систему показників, тобто пов'язаних з нею вершин, в більшій чи меншій мірі. Таких вершин може бути кілька, і їх прийнято називати активізуючими.

Задача дослідження полягає у розробці на основі нечіткої когнітивної карти слабкоструктурованої системи варіантів альтернатив розвитку поточного стану системи для подальшого аналізу та прийняття рішення щодо покращення функціонування системи.

## 2.2 Математична модель

Когнітивна карта - інструмент методології когнітивного моделювання, призначеного для аналізу і прийняття рішень в погано визначених ситуаціях. Вона заснована на моделюванні суб'єктивних уявлень експертів про ситуацію і включає в себе:

- методологію структуризації ситуації;
- модель подання знань експерта у вигляді знакового орграфа (когнітивної карти)

$$CM = \{F, W\},$$

де  $F$  – множина базисних факторів (концептів) ситуації;

$W$  - множина причинно-наслідкових відносин між факторами ситуації.

Когнітивну карту можна розуміти як схематичний опис картини світу індивіда, що відноситься до даної проблемної ситуації. Тому з побудови когнітивних карт можна починати дослідження і моделювання складних слабкоструктурованих систем для знаходження альтернатив рішення і його прийняття.

Когнітивна карта може бути візуалізована у вигляді графа, що містить множину вершин, кожна з яких відповідає одному фактору або елементу картини світу індивіда. Позначена дуга, що зв'язує вершини  $A$  і  $B$ , відповідає причинно-наслідкового зв'язку,  $\overrightarrow{BA}$  де  $A$  - причина,  $B$  - наслідок. Зв'язок,  $\overrightarrow{BA}$  називається позитивним (позначається знаком «+»), якщо збільшення  $A$  веде до збільшення (посилення)  $B$ , а зменшення  $A$  веде до зменшення  $B$  при інших рівних умовах. Знак «-» над дугою,  $\overrightarrow{BA}$  означає, що зв'язок негативна, тобто за інших рівних умов збільшення  $A$  призводить до зменшення (гальмування)  $B$  і зменшення  $A$  веде до збільшення  $B$ . На когнітивній карті можна, крім знаку, вказувати відносну ступінь впливу одного фактору на інший у вигляді числової оцінки (наприклад, в діапазоні від +1 до -1). При цьому ми отримуємо нечіткі когнітивні карти. Причинно-наслідкові зв'язки можна описувати також у вигляді матриці ваг  $W$ , що відображає вплив кожного фактору на всі інші.

Задамо загальні позначення для формалізації поставленої задачі. Виділимо в списку факторів вхідні і вихідні фактори. Пронумерувавши фактори таким чином, щоб вхідні фактори розташовувалися на початку списку, а вихідні – в кінці отримаємо:

$$F = [R \ S]^T,$$

де  $R$  – вектор розмірності  $m$ , що містить вхідні фактори, значення яких задається користувачем для конкретної ситуації;

$S$  – вектор розмірності  $(n - m)$ , що містить вихідні (керовані) фактори, що змінюються під впливом вхідних факторів і значення яких ми і будемо аналізувати.

Матрицю вагів (взаємовпливів) факторів можемо представити у наступному вигляді:

$$W = \begin{bmatrix} D' & C \\ B & A' \end{bmatrix},$$

де  $B$  – матриця розмірності  $m \times (n - m)$ , яка визначає вплив вхідних концептів на керовані;

$A'$  – матриця розмірності  $(n - m) \times (n - m)$ , яка визначає взаємний вплив керованих концептів;

$C$  – матриця розмірності  $(n - m) \times m$ , яка визначає вплив керованих концептів на вхідні;

$D'$  – матриця розмірності  $m \times m$ , яка визначає взаємний вплив вхідних концептів.

Тоді остаточний стан системи розраховується наступним чином:

$$F + W \times F = \begin{bmatrix} R \\ S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D' & C \\ B & A' \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D' + I_m & C \\ B & A' + I_{n-m} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ S \end{bmatrix},$$

де  $I_m$  та  $I_{n-m}$  – одиничні матриці відповідних розмірів.

Якщо позначимо

$$D' + I_m = D,$$

$$A' + I_{n-m} = A,$$

то отримаємо:



$$\begin{bmatrix} D & C \\ B & A \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ S \end{bmatrix},$$

а оскільки для аналізу поточної ситуації нас цікавлять лише керовані фактори то можемо розглядати лише другу компоненту матричного рівняння а саме:

$$S^* = A \times S + B \times R,$$

де  $S^*$  і буде нашим результуючим значенням вихідних факторів які нам і потрібно проаналізувати.

### 2.3 Огляд методів розв'язання

При прийнятті рішень в слабо структурованих областях використовуються структурні методи аналізу ситуації [9 - 12]. Структурний аналіз ситуації включає концептуальну реконструкцію суб'єктивних уявлень [1], в тому числі:

- виявлення значущих чинників і взаємозв'язків між ними;
- виявлення цільових факторів і збурень;
- виявлення множини підстав і аргументів для прийняття рішень;
- побудова концептуальних когнітивних моделей.

У даній роботі використовується методологія когнітивного моделювання [12 - 20]. Завдання підтримки прийняття рішень в когнітивному моделюванні визначається як завдання розробки стратегії для перекладу ситуації з поточного стану в цільове в умовах невизначеності. Розробка стратегії ґрунтується на моделі ситуації, яка в слабкоструктурованих ситуаціях представляється як суб'єктивна модель, що включає суб'єктивні оцінки значень факторів ситуації і модель її функціональної структури, що описує відомі суб'єкту закони та закономірності ситуації. Методологія когнітивного моделювання включає наступні етапи:

- формулювання і уточнення проблеми, на вирішення якої спрямовано процес когнітивного моделювання;

- побудова моделі ситуації за допомогою експертної процедури виявлення найбільш істотних факторів ситуації, їх оцінки та визначення залежностей між ними;
- аналіз і прогноз розвитку ситуації при зміні деяких факторів ситуації - рішення прямої задачі аналізу ситуації;
- вироблення стратегічних рішень для досягнення заданих цілей - рішення зворотної задачі аналізу ситуації;
- вироблення порад і рекомендацій для прийняття рішень.

Традиційним методом когнітивного моделювання є побудова і аналіз когнітивних карт [12], спрямований на виявлення причинно-наслідкових зв'язків між факторами ситуації. Формально когнітивна карта представляється у вигляді орієнтованого графа, вузлів якого відповідають фактори ситуації, а дуги навантажені знаками «+» або «-» (Знаковий орієнтований граф) [12, 17, 21] або значеннями функції приналежності взаємозв'язків (нечіткий орієнтований граф) [16, 19, 20], які відображають тип взаємодії між факторами. Таке уявлення структури ситуації дозволяє використовувати математичні методи теорії графів [12], методи структурного балансу [14], нечіткі методи [17] для їх обробки і аналізу. Когнітивні карти можуть бути отримані шляхом прямого опитування експертів і досить добре відображають декларативний тип мислення, при якому основна увага приділяється факторам, а зв'язки між ними представляються вельми простими.

Імпульсне моделювання показує тільки значення концептів в певний момент часу. Тому потрібно адаптувати даний метод для генерації альтернативних стратегій розвитку ситуації для досягнення бажаних значень цільових концептів.

Потрібно в першу чергу збуджувати лише вхідні концепти і в кожний момент часу перевіряти значення цільових концептів. Якщо значення цільових концептів наближене до бажаних, то додати цю стратегію(поточні значення концептів) до списку альтернативних.

Найбільший інтерес серед методів експертної оцінки представляють експертні системи, які базуються на системному аналізі так званих когнітивних карт, в числі яких можуть бути когнітивна карта системи формування знань [22] або когнітивна карта системи навчання [23]. У такій карті та когнітивному графі підсистеми інтерпретуються як концепти (атрибути, поняття, об'єкти, психологічні процеси). Когнітивна карта - це уявне представлення взаємозв'язків між окремими концептами. Чисельні зв'язку зазвичай визначаються на основі прямого експертного опитування за спеціально розробленою соціологічною анкети та можуть бути як позитивними, так і негативними або нейтральними. Вони характеризують позитивне (консонанс) або негативне (дисонанс) вплив концептів один на одного. Можна при системному аналізі когнітивної карти оцінити ступінь впливу кожного концепту на всю систему, а також вплив самої системи на будь-який з концептів. На основі системного аналізу можна знаходити такі концепти, «посилення» або «ослаблення» яких призведе до заданої мети (стратегії), наприклад, до підвищення ефективності навчання. Результати прямого експертного опитування (їх середньостатистичні числові значення) представляються на відповідних дугах когнітивної карти, яку можна представити у вигляді графа. Вершини останнього є концептами системи.

Для більш глибокого аналізу моделі, що має вигляд зваженого орграфа, необхідно прийняти деякі вельми спеціальні припущення про вплив змін значення параметра однієї вершини на параметри інших вершин. Ми будемо називати такі припущення правилами зміни значень параметрів вершин. Вибір певного правила грає дуже важливу роль по відношенню до наших висновків. Якщо допустити, що основні дані (скажімо, початкові значення параметрів в кожній вершині і ваги) відомі лише неточно, то остаточні висновки, засновані на певному правилі зміни значень параметрів вершин, будуть також завжди неточними. Будь-який отриманий результат слід розглядати як попередній і він повинен бути підданий "аналізу чутливості". Такий аналіз буде включати повторне моделювання зі

зміненими основними даними і, можливо, використання інших правил зміни значень параметрів вершин.

Щоб визначити правило зміни значень параметрів вершин, яке ми в подальшому приймемо, розглянемо спочатку знаковий оргграф. Як завжди, його вершини представлені сукупністю  $U_1, U_2 \dots U_n$ . Передбачається, що кожна вершина  $U_i$  приймає значення  $U_j(t)$  в дискретні моменти часу  $t = 0, 1, 2, \dots$

Будемо вважати спочатку, що значення  $U_i(t + 1)$  визначається значенням  $U_i(t)$  і інформацією про те збільшили або зменшили свої значення інші вершини  $U_j$ , суміжні з  $U_i$ , в момент часу  $t$ . Якщо дуга з  $U_i$  в  $U_j$  позитивна (негативна), то зміна в  $U_j$  в момент  $t$  враховується зі знаком плюс (зі знаком мінус) в  $U_i$  в момент  $t+1$ . Ми будемо вважати, що одинична зміна в  $U_j$  призводить до одиничної зміни в  $U_i$ . Таким чином, якщо дуга  $(U_j, U_i)$  позитивна і  $P_j(t)$  - число, що виражає зміну в  $U_j$  в момент  $t$ , то вплив на  $U_i$  в момент  $t + 1$  зміни в  $U_j$  збільшує  $U_i$  на величину  $P_j(t)$ . Якщо ж дуга  $(U_j, U_i)$  негативна, то вплив на  $U_j$  в момент  $t + 1$  зміни в  $U_i$  зменшує  $U_j$  на величину  $P_j(t)$ . Звичайно, якщо  $P_j(t)$  - негативне число, то збільшення на  $P_j(t)$  одиниць означає зменшення, а зменшення на  $P_j(t)$  одиниць - збільшення. Зміна  $P_j(t)$  називається імпульсом і задається:

$$P_j(t) = V_j(t) - V_j(t - 1),$$

при  $t > 0$ . Необхідно вказати і початкову умови при  $t = 0$ . Підводячи підсумки, введемо наступне позначення:

$$\text{sgn}(U_j, U_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо дуга } (U_j, U_i) \text{ додатня} \\ -1, & \text{якщо дуга } (U_j, U_i) \text{ від'ємна} \\ 0, & \text{якщо дуга } (U_j, U_i) \text{ не існує} \end{cases}$$

Тоді для  $t \geq 0$ :

$$U_i(t + 1) = U_i(t) + \sum_{j=1}^n \text{sgn}(U_j, U_i) P_j(t).$$

Для аналізу системи і побудови моделі всі концепти, включені в когнітивну карту, можна розділити на керуючі і керовані. Ті фактори, які доступні для варіювання і якими можна впливати на інші, слід віднести до керуючих, а решта факторів, в тому числі і цільові, стають керованими. З огляду на те, що зміни в системі, як правило, є динамічними процесами, їх можна буде подати у вигляді рівняння з дискретним часом, складеним на основі когнітивної карти. Переходячи до побудови моделі слабкоструктурованої системи, ми розглядаємо її як послідовність деяких етапів, в протягом яких відбувається впровадження змін. В залежності від специфіки системи це можуть бути дні, тижні, місяці, квартали, семестри, роки тощо.

$U(t)$  –  $n$ -мірний вектор значень концептів, що визначає поточний стан системи, де  $n$  – число концептів, що враховуються і мають певні шкали вимірювання. Виділимо в списку концептів вхідні і вихідні концепти. Можна пронумерувати концепти, якщо потрібно, таким чином, щоб вхідні фактори розташовувалися на початку списку, та представимо вектор-стовпець  $U(t)$  в наступному вигляді:

$$U(t) = [R(t) \ S(t)]^T,$$

де  $R(t)$  –  $m$ -мірний вектор вхідних концептів;

$S(t)$  –  $(n - m)$ -мірний вектор керованих концептів.

Матриця ваг  $W$  може бути представлена в наступному блоковому вигляді:

$$W = \begin{bmatrix} D' & C \\ B & A' \end{bmatrix}.$$

Приймемо, що матриця  $W$  незмінна за весь період. Тоді динаміку слабкоструктурованої системи, що розвивається як за своїми внутрішніми законами, так і під впливом вхідних впливів, можна представити наступним рівнянням:

$$U(t + 1) = U(t) + \Delta U(t) + \xi(t),$$

де  $\Delta U(t)$  – вектор приросту значень концептів за одиницю часу, який ми назвали імпульсом;

$\xi(t)$  – вектор випадкових впливів на концепти системи.

Так як  $\Delta U(t) = W \times U(t)$ , а  $\xi(t)$  можна знехтувати в умовах даної задачі, отримаємо наступне рівняння:

$$U(t + 1) = (W + I) \times U(t),$$

де  $I$  – одинична матриця розмірності  $n$ .

## 2.4 Адаптація та удосконалення методу розв’язання задачі

Для пошуку варіантів можливих альтернатив будемо використовувати модифікований метод імпульсного моделювання. Його модифікації пов’язані з деякими аспектами алгоритму, що ускладнюють або роблять неможливим аналіз слабкоструктурованої системи з його допомогою.

Суть імпульсного методу полягає у збудженні (зміні значення) певного концепту (декількох концептів) протягом певного часу та відслідковуванні змін до яких призводить дане збудження у інших концептах нечіткої когнітивної карти. Імпульсний метод дає змогу побачити значення будь-якого концепту нечіткої когнітивної карти в будь-який момент часу маючи на вхід початкове значення концептів на момент часу  $t = 0$ , поточне значення моменту часу  $t$ , матрицю взаємовпливів між концептами нечіткої когнітивної карти та величину збудження що відбувається у певних концептах [33].

Для вирішення поставленої задачі необхідно провести декілька (щонайменше дві) ітерації імпульсного методу, оскільки на виході алгоритм повинен видати певний набір різних можливих альтернативних станів досліджуваної слабкоструктурованої системи. Запропонована нижче модифікація методу

імпульсного моделювання створена саме для можливості генерації набору різних альтернативних станів.

Також перешкодою на шляху до генерації альтернативних станів системи може стати наявність циклічних взаємозв'язків між концептами нечіткої когнітивної карти цієї системи. Така циклічна залежність виключає можливість дослідження системи, через те що імпульсний метод не вміє і не може виявляти такі циклічні залежності самостійно, а отже викликане ним ланцюгове збудження значень концептів когнітивної карти буде продовжуватися нескінченно довго. Така модель поведінки є неприйнятною для системи, а отже вимагає додаткової обробки та перевірки.

Самі по собі цикли в графі виявити досить просто. Для цього можна застосувати стандартний пошук в глибину по орієнтованому графу. Але поведінка концептів що знаходяться в циклі вимагає додаткового аналізу.

Очевидним є той факт, що значення концептів когнітивної карти, які знаходяться в циклі можуть змінюватися за трьома сценаріями. Їх значення можуть рости (нескінченно, або доки не досягнуть максимального значення), зменшуватися (нескінченно, або доки не досягнуть мінімального значення), або залишатися незмінним (почергово збільшуватися та зменшуватися в певному діапазоні, але при цьому завжди повертатися до початкового значення в певні моменти часу).

Розглянемо ці варіанти більш детально. Для того, щоб зрозуміти як розвиватиметься з часом значення концепту що знаходиться в циклі, необхідна проаналізувати вхідний вплив на цей концепт з боку інших концептів цього ж циклу. Варто пам'ятати, що вплив певного концепту на інші напряму залежить від зміни його власного значення, що відбулося під впливом інших концептів чи зовнішніх чинників. Також звернемо увагу на те, що на взятий концепт можуть впливати не тільки концепти що належать циклу, а й інші концепти. Але їхній вплив відобразиться на значенні концепту одноразово, в той час як вплив концепту

(концептів) з циклу буде повторюватися нескінченно довго. Достатньо провести лише одну ітерацію імпульсного методу по концептам циклу, не завершуючи його (не враховуючи вплив останнього концепту циклу на перший), щоб значення концептів циклу відображали зміни що відбулися в циклі під впливом ззовні. Всі подальші зміни (за умови відсутності інших зовнішніх впливів) будуть викликані лише внутрішніми концептами циклу. Отже впливи інших концептів, які не належать циклу нас не цікавлять.

Нехай  $U_1, U_2 \dots U_n$  – множина концептів, що належать певному циклу, відсортованих в порядку впливу один на одного, а  $W_i$  значення впливу концепту  $U_i$  на концепт  $U_{i+1}$  при  $i = \overline{1, n-1}$  та вплив концепту  $U_n$  на концепт  $U_0$  при  $i = n$ . Також припустимо, що вплив на цикл зовні відбувається тільки на перший концепт і має відповідно значення  $W_0$ .

Непарна кількість ребер  $W_i$  що мають від’ємні значення означатиме що на кожній ітерації циклу зміна значення концепту матиме протилежний знак відносно його попередньої зміни. Отже можна записати наступне:

- якщо  $\prod_{i=1}^n W_i \geq 1$  – значення концептів в циклі будуть нескінченно зростати;
- якщо  $0 < \prod_{i=1}^n W_i < 1$  – значення концептів в циклі зростатимуть, але приріст буде зменшуватися з кожною ітерацією циклу;
- якщо  $-1 < \prod_{i=1}^n W_i < 0$  – значення концептів в циклі зменшуватимуться, і від’ємний приріст буде зменшуватися за модулем з кожною ітерацією циклу;
- якщо  $\prod_{i=1}^n W_i \leq -1$  – значення концептів в циклі будуть нескінченно зменшуватися.

У випадку нескінченного збільшення (зменшення) значень концептів циклу достатньо просто одразу присвоїти їм максимально (мінімально) можливі значення відповідно. У випадку ж коли  $0 < |\prod_{i=1}^n W_i| < 1$  ми маємо справу з нескінченною



геометричною прогресією, а отже нам достатньо розрахувати значення концепту  $U_1$  за формулою суми нескінченної геометричної прогресії. Отримаємо наступне значення:

$$U_1(t + 1) = U_1(t) + \frac{W_0}{1 - \prod_{i=1}^n W_i}, \quad (2.1)$$

за допомогою якого можна виконати подальший розрахунок значень усіх інших концептів циклу, не враховуючи вплив останнього концепту на перший.

У випадку ж коли цикл має не один зовнішній вплив, діятимемо аналогічно, для кожного значення впливу, перебираючи їх по черзі.

## 2.5 Розробка алгоритму розв'язання

Для знаходження альтернативних стратегій поведінки системи був розроблений алгоритм, що представлений нижче.

Крок 1. Знаходимо управляючі концепти (на які не впливають інші концепти).

Крок 2. Знаходимо цикли та обчислюємо добутки значень ребер взаємовпливів між концептами для кожного знайденого циклу.

Крок 3. Збуджуємо випадковий керуючий концепт (збільшуємо або зменшуємо його значення).

Крок 4. Знаходимо значення концептів, що суміжні з уже збудженими концептами. Якщо значення концепту більше за максимальне (менше за мінімальне), то встановлюємо максимальне (мінімальне). Якщо суміжні концепти відсутні переходимо до Кроку 9.

Крок 5. Повторюємо Крок 4 для суміжних концептів до концептів з Кроку 4, якщо жоден з них не належить до жодного з циклів.

Крок 6. Якщо значення добутку обчисленого на Кроці 2 більше 1, виставляємо максимальні значення всім концептам в циклі та переходимо до Кроку 4.

Крок 7. Якщо значення добутку обчисленого на Кроці 2 більше або рівне -1, але менше або рівне 1 обчислюємо значення концепту через який ми увійшли до циклу за формулою 2.1, обчислюємо відповідні значення інших концептів циклу, ігноруючи вплив останнього концепту на перший та переходимо до Кроку 4.

Крок 8. Виставляємо мінімальні значення всім концептам в циклі та переходимо до Кроку 4.

Крок 9. Зберігаємо поточний стан когнітивної карти.

Крок 10. Якщо не досягнута необхідна кількість альтернатив то переходимо до Кроку 3.

Крок 11. Завершення роботи алгоритму.

## **2.6 Результати досліджень ефективності методу**

Для проведення експерименту візьмемо для прикладу слабкоструктуровану систему, яка відображає задоволення людиною від власного життя. Концепти цієї системи детально описані нижче в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Концепти системи задоволеності життям

<b>№</b>	<b>Назва концепту</b>	<b>Опис концепту</b>	<b>Мінімальне значення концепту</b>	<b>Максимальне значення концепту</b>	<b>Поточне значення концепту</b>	<b>Крок зміни значення концепту</b>
<b>1</b>	Медицина	Рівень медицини	0	1	0,4	0,1
<b>2</b>	Освіта	Рівень освіти	0	1	0,2	0,2
<b>3</b>	Здоров'я	Рівень здоров'я	0	1	0,7	0,05
<b>4</b>	Гроші	Рівень забезпеченості	0	1	0,5	0,1
<b>5</b>	Хобі	Час що витрачається на хобі	0	1	0,3	0,1
<b>6</b>	Робота	Успіхи в роботі	0	1	0,3	0,05
<b>7</b>	Час на роботу	Час що витрачається на роботу	0	1	0,3	0,05
<b>8</b>	Подорожі	Інтенсивність подорожування	0	1	0,1	0,05
<b>9</b>	Родина	Стан сімейного благополуччя	0	1	0,5	0,05
<b>10</b>	Задоволення життям	Рівень задоволеності власним життям	0	1	0,3	0,05

Як видно з таблиці 2.1, така система має десять концептів, які тим чи іншим чином пов'язані між собою та впливають на загальне задоволення життям конкретної людини. Значення концептів знаходяться в межах від 0 до 1, тобто вони

фактично відображають відсоткове значення кожного концепту від мінімального до максимального.

Значення взаємовпливів між наведеними в таблиці 2.1 концептами наведено нижче в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Матриця взаємозв'язків між концептами системи задоволеності життям

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
3	0	0	0	-0,3	0	0	0	0	0	0,5
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0
5	0	0	0	-0,1	0	0	0	0	0	0,7
6	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,7
7	0	0	0	0	-0,8	0,5	0	0	0	0
8	0	0	0	-0,2	0	0	-0,2	0	0,3	0,3
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В таблиці 2.2 наведені значення всіх взаємовпливів між концептами системи. Нульове значення комірки матриці вказує на відсутність впливу одного концепту на інший. Як бачимо, в матриці є три нульових стовпці (Концепти 1 – Медицина, 2 – Освіта та 8 – Подорожі). Ці концепти є керуючими для наведеної системи, оскільки зміни в них можуть виникати лише під впливом зовнішніх факторів.

Циклічні залежності в даному прикладі відсутні, що спрощує загальну поведінку системи під час зміни керуючих факторів. Для відображення процесу роботи системи цього цілком достатньо.

Наведених в таблиці 2.1 та таблиці 2.2 вхідних даних цілком достатньо для побудови когнітивної карти системи задоволеності життям. Ця карта наведена нижче на рисунку 2.1.

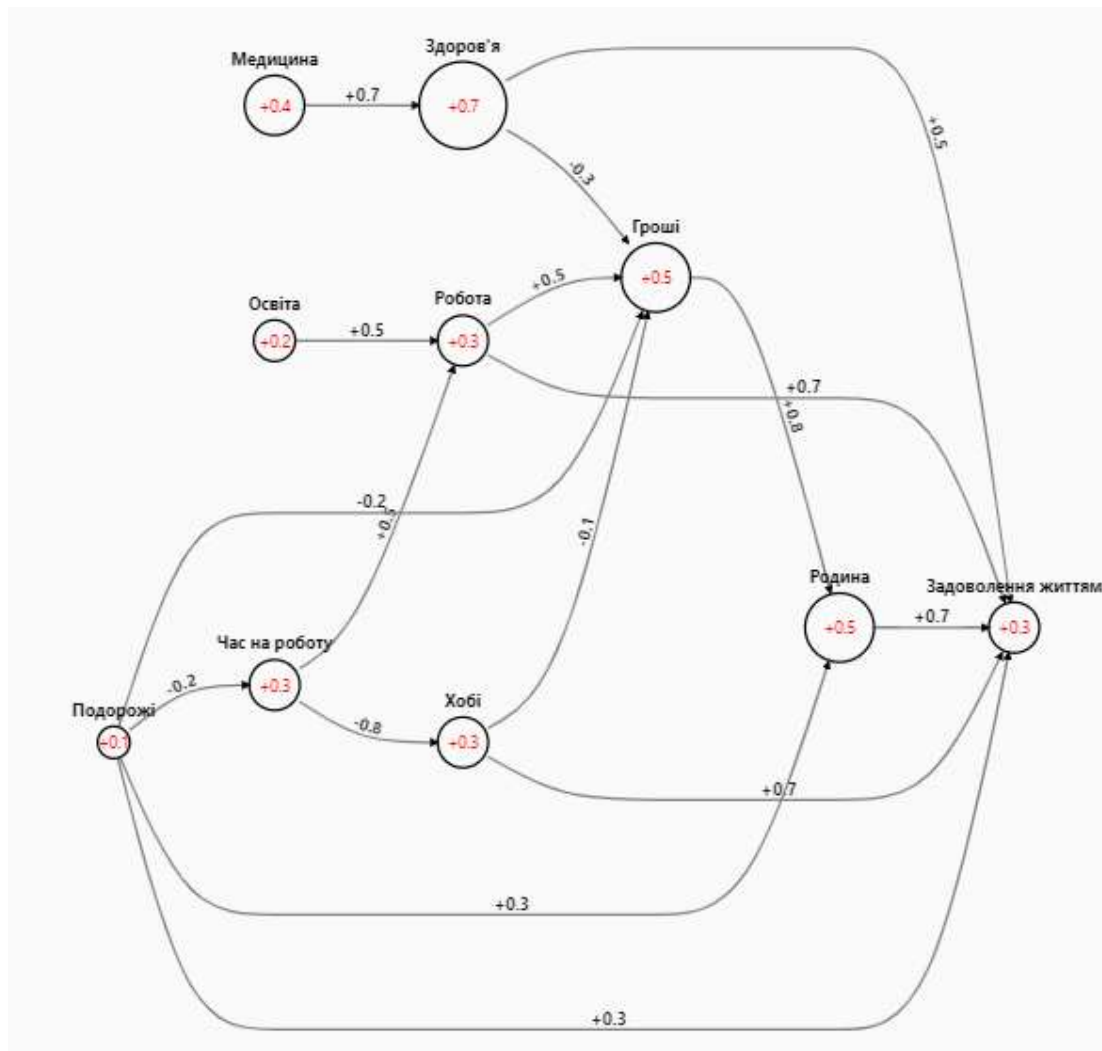


Рисунок 2.1 – Когнітивна карта системи задоволеності життям з вхідними значеннями

На когнітивній карті, згенерованій по вхідним даним системою моделювання, зображені всі концепти системи та вплив кожного концепту на інші, з його напрямком та значенням. Візуально добре помітно що концепти, які знаходяться праворуч, не мають вхідних впливів і є керуючими для цієї системи.

Подальший процес моделювання слабкоструктурованої системи полягає в зміні значень керуючих концепті, після чого система автоматично перераховує значення усіх концептів, на які впливають внесені зміни. Для прикладу встановимо значення концепту «Освіта» на 0,6; значення концепту «Медицина» на 0,7; значення концепту «Подорожі» на 0,2. Результати змін, що відбулися в системі зображені на рисунку 2.2.

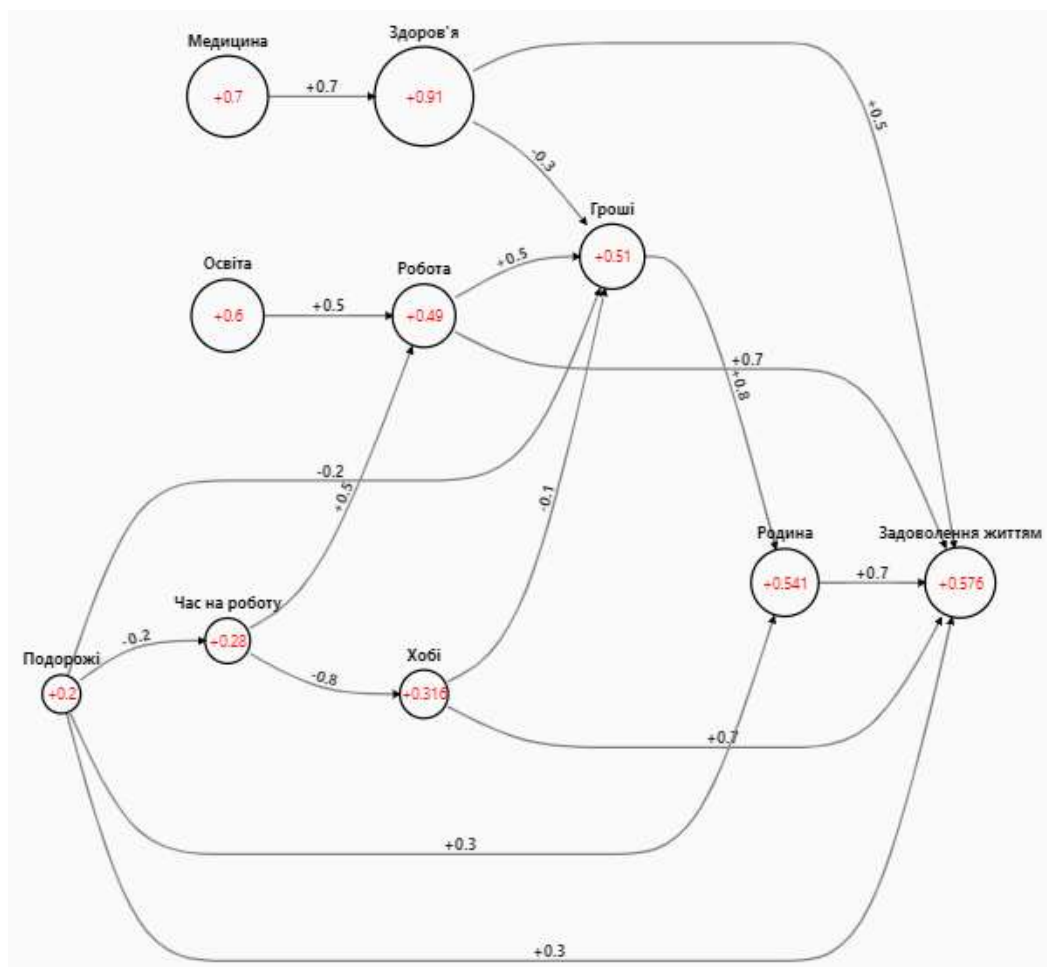


Рисунок 2.2 - Когнітивна карта системи задоволеності життям після зміни значення керуючих концептів

Як бачимо, зміна всіх трьох керуючих факторів призвела до зміни значень усіх концептів системи. Наприклад помітно зросло значення рівня здоров'я, час на роботу зменшився, але дуже мало, при цьому задоволеність роботою зросла, і майже вдвічі збільшилося значення задоволеністю життям.

Якщо ж ми, наприклад, змінимо лише значення концепту «Медицина» на 0,8 то побачимо, що зміни в системі будуть значно слабшим (рисунок 2.3).

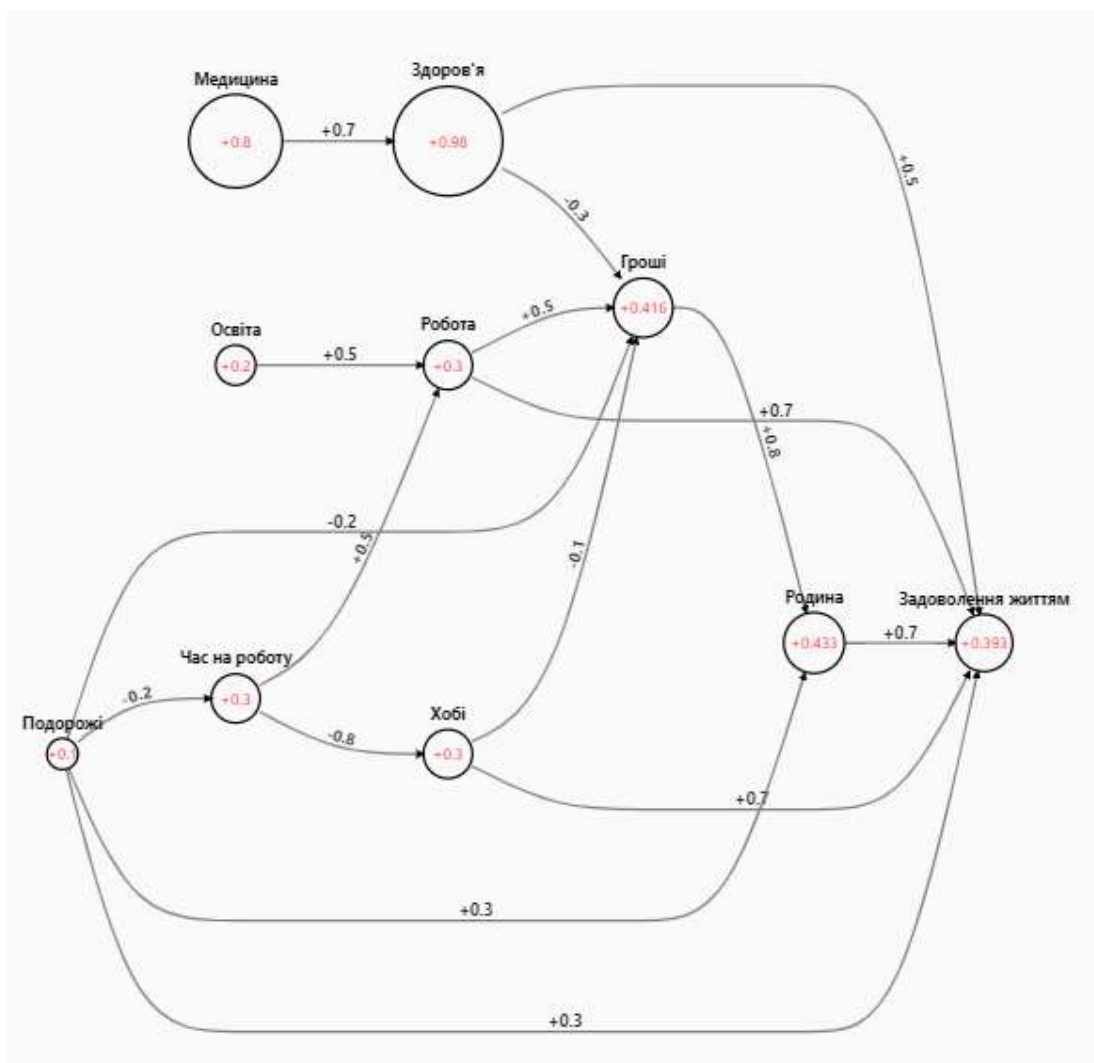


Рисунок 2.3 – Когнітивна карта системи задоволеності життям після зміни значення керуючого концепта «Медицина»

З рисунку 2.3 видно, що зміна медицина вплинула лише на зміну рівня здоров'я, забезпеченості, сімейного добробуту та задоволення життям. При цьому більшість концептів системи залишилися в своєму вихідному стані, оскільки рівень медицини не має на них ніякого впливу.

Таким чином, розроблена система моделювання слабкоструктурованих систем дозволяє розрахувати зміни в системі, що відбуваються під впливом змін у

керуючих факторах цієї системи. Це дозволяє нам отримати перелік можливих значень альтернативних станів системи, в залежності від різних змін керуючих концептів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Варіанти альтернатив

Альтернатива 1		Альтернатива 2		Альтернатива 3		Альтернатива 4	
Концепт	Значення	Концепт	Значення	Концепт	Значення	Концепт	Значення
1	0,426	1	0,501	1	0,369	1	0,634
2	0,529	2	0,586	2	0,499	2	0,63
3	0,308	3	0,308	3	0,324	3	0,316
4	0,29	4	0,29	4	0,27	4	0,28
5	0,15	5	0,15	5	0,25	5	0,2
6	0,4	6	0,6	6	0,2	6	0,8
7	0,395	7	0,495	7	0,285	7	0,59
8	0,516	8	0,587	8	0,439	8	0,623
9	0,5	9	0,4	9	0,5	9	0,4
10	0,77	10	0,7	10	0,77	10	0,7

З таблиці 2.3 видно, що список альтернатив, які дозволяє генерувати система є досить великим, оскільки будь-яка зміна одного з керуючих концептів призводить до зміни значень щонайменше декількох концептів когнітивної карти. Це дозволяє проводити в подальшому аналіз та прийняття рішення рішень щодо подальшого розвитку системи використовуючи систему прийняття рішень.

## Висновки

В даному розділі наведені змістовна та математична постановки задачі моделювання слабкоструктурованих систем на основі когнітивного підходу, а також проведений огляд доступних методів її розв'язання.



Розділ містить опис та детальний аналіз адаптації існуючого методу розв'язання задачі моделювання слабкоструктурованих систем, а також покроковий запис модифікованого алгоритму.

Також в розділі наведено результати роботи адаптованого методу розв'язання задачі моделювання слабкоструктурованих систем на конкретному прикладі.

## 3 ОПИС ПРОГРАМНОГО ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Засоби розробки

Реалізація серверної частини веб-додатку була виконана за допомогою мови програмування C# з використанням технології ASP.NET Core 2.1.

#### ASP.NET Core

Платформа ASP.NET Core це технологія від компанії Microsoft, що призначена для розробки різного роду веб-застосунків: від невеликих веб-сайтів до глобальних веб-порталів і веб-сервісів.

З одного боку, ASP.NET Core є продовженням розвитку платформи ASP.NET. Але з іншого боку, це не просто черговий реліз. Випуск ASP.NET Core фактично знаменує революцію всієї платформи, її якісну зміну.

Розробка платформи почалася в 2014 році. Платформа тоді називалася ASP.NET vNext. Перший реліз платформи був випущений у червні 2016 року. А вже в травні 2018 року світ побачилв версію ASP.NET Core 2.1.

Тепер ASP.NET Core є повністю відкритим фреймворком. Усі вихідні файли доступні на GitHub.

ASP.NET Core може працювати над поверхневим середовищем .NET Core, яке може бути розгорнуто в основних популярних операційних системах: Windows, Mac OS X, Linux. Отже, за допомогою ASP.NET Core ми можемо створювати крос-платформні програми. Хоча Windows все ще є переважаючим середовищем для розробки та розгортання програмного забезпечення, ми більше не обмежуємося цією операційною системою. Тобто ми можемо запускати веб-додатки не тільки в Windows, але і в Linux та Mac OS. А для розгортання веб-програми можна використовувати традиційний веб-сервер IIS або Kestrel.

Хоча ASP.NET Core в основному спрямований на використання .NET Core, він також може працювати з повноцінною версією .NET фреймворку.

Через модульність основи всі необхідні компоненти веб-додатку можна завантажувати як окремі модулі через Nuget batch manager. Крім того, на відміну від попередніх версій платформи, немає необхідності використовувати бібліотеку System.Web.dll.

ASP.NET Core включає структуру MVC, яка інтегрує функціональні можливості MVC, Web API та Web Pages. У попередніх версіях платформи ці технології реалізовувалися окремо і тому містили багато дублювання. Тепер вони інтегровані в одну модель програмного забезпечення ASP.NET Core MVC. А від Web Forms повністю відмовилися.

Окрім поєднання перерахованих вище технологій в одній моделі, до MVC додано ряд додаткових функцій.

Однією з таких особливостей є помічник тегів (tag-helper), який дозволяє органічніше поєднувати синтаксис html з кодом C #.

ASP.NET Core також може розширюватися. Він побудований з набору незалежних компонентів і ми можемо або використовувати вбудовану реалізацію цих компонентів, або розширити їх за допомогою механізму успадкування, або повністю створити та застосувати нові компоненти з абсолютно новим функціоналом.

Також було спрощено управління залежностями та конфігурацію проекту. Зараз фреймворк має свій контейнер для ін'єкції залежностей, і більше не потрібно використовувати сторонні контейнери, такі як Autofac, Ninject тощо. Хоча їх також можна використовувати за бажанням.

Як інструментарій розробки ми можемо використовувати останні видання Visual Studio починаючи з Visual Studio 2015. Крім того, ми можемо скористатися

кросплатформенними програмами, такими як Visual Studio Code, які можуть працювати як у Windows, так і на Mac OS X та Linux.

Зараз використовується новий конвеєр HTTP, який базується на компонентах Katana та специфікації OWIN, для обробки запитів. А його модульність дозволяє легко і швидко додавати власні компоненти.

Підводячи підсумок, ви можете виділити наступні ключові відмінності між ASP.NET Core та попередніми версіями ASP.NET:

- новий легкий і модульний протокол HTTP-запиту;
- можливість розгортання програми як на IIS, так і як частини власного процесу;
- використання платформи .NET Core та її функціональності;
- поширення пакетів платформ через NuGet;
- комплексна підтримка створення та використання пакетів NuGet;
- єдиний стек веб-розробок, який поєднує веб-інтерфейс та веб-API;
- конфігурація для спрощеного використання хмарних сервісів;
- вбудована підтримка для реалізації залежностей;
- можливість розширення;
- крос-платформенність: можливість розробки та розгортання програм ASP.NET в Windows, Mac та Linux;
- розвиток як open source проєкт, відкритий для змін.

Ці та інші особливості та можливості стали основою для нової моделі програмування [34].

## C#

Синтаксис C# дуже виразний, але його легко вивчити. Кожен, хто знайомий з C, C++ або Java, може легко зрозуміти синтаксис фігурних дужок притаманний C#. Розробники, які знають будь-яку з цих мов, як правило, зможуть навчитися ефективно працювати з C# за дуже короткий час. Синтаксис C# спрощує те, що

було важко в C++, і надає потужні функції, такі як типи значення Nullable, перерахування Enum, делегати, лямбда-вирази та прямий доступ до пам'яті, який недоступний на Java. C# підтримує універсальні методи та типи, забезпечуючи більш високий рівень безпеки та продуктивності, а також ітератори, що дозволяють визначати власну поведінку ітерації під час створення класів колекцій, які легко використовуються в коді клієнта. Вирази LINQ робить строго типізовані запити дуже зручною мовною конструкцією.

Як об'єктно-орієнтована мова, C# підтримує поняття інкапсуляції, успадкування та поліморфізму. Усі змінні та методи, включаючи основний метод - точку входу в програму (Main) - інкапсульовані у визначення класів. Клас може успадковувати безпосередньо один батьківський клас, але він може реалізовувати будь-яку кількість інтерфейсів. Для методів, які перекривають віртуальні методи в батьківському класі, існує ключове слово `override`, яке потрібно для виключення випадкового перевизначення. У мові C# також існують структури (Struct). Вони схожі на полегшені класи: це складений тип, який реалізує інтерфейси, але не підтримує успадкування.

Мова C# спрощує розробку програмних компонентів завдяки декільком інноваційним мовним конструкціям, зокрема:

- інкапсульовані сигнатури методів, або делегати, які підтримують типобезпечне повідомлення про події.
- властивості, які працюють як методи доступу до приватних змінних.
- атрибути з декларативними метаданими про типи виконання.
- вбудовані коментарі XML-документації.
- LINQ, який пропонує вбудовані можливості запити в різних джерелах даних.

Мова C# навіть підтримує покажчики та концепцію "небезпечного" коду для випадків, коли прямий доступ до пам'яті є важливим.

Процес побудови C# порівняно з C і C++ простий та гнучкіший, ніж у Java. Окремих файлів заголовків немає, а методи та типи не потрібно оголошувати у визначеному порядку. Вихідний файл C# може задавати будь-яку кількість класів, структур, інтерфейсів та подій.

Крім того, C# має в своєму арсеналі бібліотеку ORM - Entity Framework, яка дозволяє, використовуючи базу даних замість введення запитів у SQL, користуватися стандартними конструкціями для роботи з об'єктами та колекціями C# [35].

Реалізація бази даних для веб-програми виконувалась за допомогою Microsoft SQL Server.

### MsSQL

Microsoft SQL Server - СКРБД, розроблена корпорацією Microsoft. Основна використовувана мова запитів - Transact-SQL, створена спільно Microsoft та Sybase. Transact-SQL є реалізацією стандарту ANSI / ISO по структурованій мові запитів (SQL) з розширеннями. Використовується для роботи з базами даних розміром від персональних до великих баз даних масштабу підприємства.

MSSQL має кілька явних переваг:

- безпека (інтеграція з доменами Windows );
- звітність та інтелектуальний аналіз даних (SSRS, SSAS);
- реплікація (більше варіантів на вибір);
- відмовостійкість (надійність);
- діагностика продуктивності;

MSSQL добре інтегрується з іншими технологіями Microsoft (наприклад, .NET) [36];

Реалізація клієнтської частини для веб-додатку була виконана за допомогою мови програмування TypeScript з використанням фреймворку Angular 6.

## Angular

Angular представляє фреймворк від компанії Google для створення клієнтських додатків. Перш за все він націлений на розробку SPA-рішень, тобто односторінкових додатків. В цьому плані Angular є спадкоємцем іншого фреймворка AngularJS. У той же час Angular це не нова версія AngularJS, а принципово новий фреймворк.

Angular надає таку функціональність, як двостороннє зв'язування, що дозволяє динамічно змінювати дані в одному місці інтерфейсу при зміні даних моделі в іншому, шаблони, маршрутизація і так далі.

Однією з ключових особливостей Angular є те, що він використовує в якості мови програмування TypeScript. Тому перед початком роботи рекомендується ознайомитися з основами цієї мови, про які можна прочитати тут.

Але ми не обмежені мовою TypeScript. При бажанні можемо писати програми на Angular за допомогою таких мов як Dart або JavaScript. Однак TypeScript все таки є основною мовою для Angular.

## 3.2 Вимоги до технічного забезпечення

### 3.2.1 Загальні вимоги

Даний програмний продукт являє собою мобільний додаток і для використання не потребує ніякої спеціальної кваліфікації.

Для правильної роботи даного додатку потрібно:

Для клієнтської частини:

а) Програмне забезпечення:

- 1) Операційна система Windows 7 або вище;

2) Встановлений один з наступних браузерів:

- 2.1) Google Chrome версії 40+;
- 2.2) Safari версії 5.1+;
- 2.3) Mozilla Firefox версії 17+;
- 2.4) Microsoft Edge;
- 2.5) Opera 40+.

б) Технічна конфігурація:

- 1) процесор з тактовою частотою не нижче 1 ГГц;
- 2) достатній об'єм оперативної пам'яті (не менше 512 МБ).

Для роботи необхідний доступ до Інтернету.

Для серверної частини:

а) Комп'ютер з такою конфігурацією:

- 1) процесор – 1 ГГц, 2 ядра ЦП або краще;
- 2) оперативна пам'ять не менш ніж 2048 Мб;
- 3) не менше ніж 5 ГБ ПЗУ;
- 4) 10 Мбіт/сек доступу до мережі Інтернет;

б) Додатково має бути встановлене таке програмне забезпечення:

- 1) база даних MsSQL;
- 2) встановлений серієр IIS версії 7 або вище;
- 3) сервер Node.js версії 8.0.0 або вище та пакетний менеджер npm.

### **3.3 Архітектура програмного забезпечення**

#### **3.3.1 Діаграма послідовності**

На діаграмі послідовності задіяні об'єкти, що представлені в таблиці 3.1.



Таблиця 3.1 – Об’єкти діаграми послідовності

Об’єкт	Відповідальність
Користувач	Вводить дані для побудови когнітивної карти, обирає концепти та їх початкові значення
Клієнт	Перевіряє вхідні дані, надсилає запит на сервер, оброблює результат
Сервер	Перевіряє надіслані дані, відправляє запити до БД на перевірку та збереження
База даних	Містить інформацію про згенеровану когнітивну карту

Діаграма послідовності зображена на схемі структурній послідовності у графічних матеріалах (Додаток А «Діаграма послідовності»).

### 3.3.2 Діаграма класів

На діаграмі класів у графічних матеріалах (Додаток А «Діаграма класів») представлена структурна схема класів, які відповідають за виконання таких функцій, як реєстрація та керування ролями користувачів, створення або редагування когнітивних карт та створення або редагування концептів.

Діаграма містить двадцять шість класів:

- «ApiControllerBase» - базовий клас для API контролерів, що містить спільну логіку конвертації моделей;
- «ServiceBase» - базовий клас для сервісів рівня бізнес логіки, що містить спільну логіку конвертації та валідації моделей;
- «AccountController» - відповідає за прийом запитів з інформацією про користувача з клієнта;
- «IAccountService» - визначає публічну API для обробки інформації про користувачів;

- «AccountService» - відповідає за обробку інформації про користувачів;
- «IAccountRepository» - визначає публічну API для отримання, збереження, редагування та видалення інформації про користувачів з БД;
- «AccountRepository» - відповідає за зв'язок між БД та сервером, отримання, збереження, редагування та видалення інформації про користувачів;
- «UserDTO» - відповідає за відображення моделі користувача що передається з клієнта;
- «UserModel» - відповідає за відображення та валідацію моделі користувача що викорисовується на рівні бізнес логіки;
- «UserEntity» - відповідає за відображення моделі користувача що зберігається в БД;
- «CognitiveMapController» - відповідає за прийом запитів з інформацією про когнітивну карту з клієнта;
- «ICognitiveMapService» - визначає публічну API для обробки інформації про когнітивну карту;
- «CognitiveMapService» - відповідає за обробку інформації про когнітивну карту;
- «ICognitiveMapRepository» - визначає публічну API для отримання, збереження, редагування та видалення інформації про когнітивні карти з БД;
- «CognitiveMapRepository» - відповідає за зв'язок між БД та сервером, отримання, збереження, редагування та видалення інформації про когнітивні карти;
- «CognitiveMapDTO» - відповідає за відображення моделі когнітивної карти що передається з клієнта;
- «CognitiveMapModel» - відповідає за відображення та валідацію моделі когнітивної карти що викорисовується на рівні бізнес логіки;
- «CognitiveMapEntity» - відповідає за відображення моделі когнітивної карти що зберігається в БД;
- «ConceptController» - відповідає за прийом запитів з інформацією концепти з клієнта;

- «IConceptService» - визначає публічну API для обробки інформації про концепти;
- «ConceptService» - відповідає за обробку інформації про концепти;
- «IConceptRepository» - визначає публічну API для отримання, збереження, редагування та видалення інформації про концепти з БД;
- «ConceptRepository» - відповідає за зв'язок між БД та сервером, отримання, збереження, редагування та видалення інформації про концепти;
- «ConceptDTO» - відповідає за відображення моделі концепту що передається з клієнта;
- «ConceptModel» - відповідає за відображення та валідацію моделі концепту що використовується на рівні бізнес логіки;
- «ConceptEntity» - відповідає за відображення моделі концепту що зберігається в БД.

### 3.3.3 Специфікація функцій

В таблицях 3.2 – 3.12 описані основні методи описаних вище класів системи.

Таблиця 3.2 – Опис функцій класу ApiControllerBase

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
Map	Конієртує модель DTO в модель що використовується на рівні бізнес логіки	dto	Модель, що прийшла на сервер з клієнту
MapCollection	Конієртує колекцію моделей DTO в колекцію моделей що використовується на рівні бізнес логіки	dtos	Коллекція моделей, що прийшла на сервер з клієнту

Таблиця 3.3 – Опис функцій класу ServiceBase

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
Map	Конієртує модель що використовується на рівні бізнес логіки в модель, що зберігається в БД	model	Модель, що була оброблена на рівні бізнес логіки
MapCollection	Конієртує колекцію моделей що використовується на рівні бізнес логіки в колекцію моделей, що зберігаються в БД	models	Колекція моделей, що були оброблена на рівні бізнес логіки
ValidateModel	Валідує модель рівня бізнес логіки	model	Колекція моделей, яка повинна бути оброблена на рівні бізнес логіки
ValidateModels	Валідує колекцію моделей рівня бізнес логіки	models	Колекція моделей, що повинні бути оброблені на рівні бізнес логіки

Таблиця 3.4 – Опис функцій класу AccountController

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
RegisterUser	Оброблює запит на реєстрацію в системі нового користувача	user	Модель користувача, що прийшла на сервер з клієнту
DeleteUser	Оброблює запит на видалення користувача з системи	id	Унікальний ідентифікатор користувача
UpdateUserInfo	Оброблює запит на редагування даних користувача в системі	user	Модель користувача, що прийшла на сервер з клієнту
AddUserToRole	Оброблює запит на додавання ролі для користувача в системі	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі
RemoveUserFromRole	Оброблює запит на видалення ролі у користувача в системі	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі

Таблиця 3.5 – Опис функцій класу IAccountService

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
RegisterUser	Реєструє в системі нового користувача	user	Модель користувача
DeleteUser	Видаляє користувача з системи	id	Унікальний ідентифікатор користувача
UpdateUserInfo	Редагує дані користувача в системі	user	Модель користувача
AddUserToRole	Додає роль для користувача в системі	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі
RemoveUserFromRole	Видаляє роль у користувача в системі	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі

Функції класу AccountService є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі IAccountService.

Таблиця 3.6 – Опис функцій класу IAccountRepository

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
RegisterUser	Зберігає дані нового користувача системи в БД	user	Модель користувача
DeleteUser	Видаляє дані користувача з БД	id	Унікальний ідентифікатор користувача
UpdateUserInfo	Оновлює дані користувача системи в БД	user	Модель користувача, що прийшла на сервер з клієнту
AddUserToRole	Зберігає роль для користувача в системі у БД	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі
RemoveUserFromRole	Видаляє роль у користувача в системі з БД	userId	Унікальний ідентифікатор користувача
		roleId	Унікальний ідентифікатор ролі

Функції класу AccountRepository є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі IAccountRepository.

Таблиця 3.7 – Опис функцій класу CognitiveMapController

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateMap	Оброблює запит на створення в системі нової когнітивної карти	map	Модель когнітивної карти, що прийшла на сервер з клієнту
UpdateMapInfo	Оброблює запит на редагування даних когнітивної карти в системі	map	Модель когнітивної карти, що прийшла на сервер з клієнту
DeleteMap	Оброблює запит на видалення когнітивної карти з системи	id	Унікальний ідентифікатор когнітивної карти
AddConceptToMap	Оброблює запит на додавання концепту до когнітивної карти	concept	Модель концепта, що прийшла на сервер з клієнту
UpdateConceptValue	Оброблює запит на редагування значення концепту когнітивної карти	concept	Модель концепта, що прийшла на сервер з клієнту

Таблиця 3.8 – Опис функцій класу ICognitiveMapService

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateMap	Створює в системі нову когнітивну карту	map	Модель когнітивної карти



Продовження таблиці 3.8

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
UpdateMapInfo	Редагує дані когнітивної карти в системі	map	Унікальний ідентифікатор когнітивної карти
DeleteMap	Видаляє когнітивну карту з системи	id	Модель когнітивної карти
AddConceptToMap	Додає концепт до когнітивної карти	concept	Модель концепта
UpdateConceptValue	Редагує значення концепту когнітивної карти	concept	Модель концепта

Функції класу `CognitiveMapService` є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі `ICognitiveMapService`.

Таблиця 3.9 – Опис функцій класу `ICognitiveMapRepository`

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateMap	Зберігає дані нової когнітивної карти в БД	map	Модель когнітивної карти
DeleteMap	Видаляє дані когнітивної карти з БД	id	Унікальний ідентифікатор когнітивної карти
UpdateMapInfo	Оновлює дані когнітивної карти в БД	map	Модель когнітивної карти

Продовження таблиці 3.9

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
AddConceptToMap	Зберігає зв'язок концепту з конітивною картою в БД	concept	Модель концепта
UpdateConceptValue	Редагує значення концепту для певної когнітивної карти в БД	concept	Модель концепта

Функції класу `CognitiveMapRepository` є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі `ICognitiveMapRepository`.

Таблиця 3.10 – Опис функцій класу `ConceptController`

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateConcept	Оброблює запит на створення в системі нового концепту	concept	Модель концепта, що прийшла на сервер з клієнту
UpdateConcept	Оброблює запит на редагування даних концепту в системі	concept	Модель концепта, що прийшла на сервер з клієнту
DeleteConcept	Оброблює запит на видалення концепту з системи	id	Унікальний ідентифікатор концепта

Продовження таблиці 3.10

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
AddConceptRelation	Оброблює запит на додавання впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний
UpdateConceptRelation	Оброблює запит на редагування значення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний

Продовження таблиці 3.10

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
DeleteConceptRelation	Оброблює запит на видалення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив

Таблиця 3.11 – Опис функцій класу IConceptService

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateConcept	Створює в системі новий концепт	concept	Модель концепта
UpdateConcept	Редагує дані концепта в системі	concept	Модель концепта
DeleteConcept	Видаляє концепт з системи	id	Унікальний ідентифікатор концепта

Продовження таблиці 3.11

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
AddConceptRelation	Додає в систему значення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний
UpdateConceptRelation	Редагує значення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний

Продовження таблиці 3.11

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
DeleteConceptRelation	Видаляє значення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив

Функції класу ConceptService є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі IConceptService.

Таблиця 3.12 – Опис функцій класу IConceptRepository

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
CreateConcept	Зберігає дані нового концепту в БД	concept	Модель концепта
UpdateConcept	Редагує дані концепту в БД	concept	Модель концепта
DeleteConcept	Видаляє концепт з БД	id	Унікальний ідентифікатор концепта

Продовження таблиці 3.12

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
AddConceptRelation	Зберігає в БД значення впливу одного концепту на інший	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний
UpdateConceptValue	Редагує значення впливу одного концепту на інший в БД	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив
		relationValue	Значення впливу впливаючого концепта на залежний

Продовження таблиці 3.12

Метод	Опис методу	Параметри	Опис параметрів
DeleteConceptFromMap	Видаляє значення впливу одного концепту на інший з БД	influentialConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта що здійснює вплив
		relativeConceptId	Унікальний ідентифікатор концепта на який здійснюється вплив

Функції класу `IConceptRepository` є реалізацією функцій, описаних у інтерфейсі `IConceptRepository`.

## Висновки

У розділі детально описані засоби розробки та наведені основні переваги кожного засобу. Описані вимоги до технічного забезпечення, які потрібні для використання програмного продукту. Вимоги до технічного забезпечення включають вимоги до серверу та вимоги клієнтських машин, на яких буде використовуватись веб застосунок.

У розділі наведено діаграми класів та послідовності, які описують архітектуру системи та її частин, а також детально описані функції.



## 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

За останні декілька років інвестиції в українську ІТ-галузь невпинна та стрімко зростають. Наприклад за 2016 рік українські стартап проекти змогли залучити щонайменше 80млн \$, а вже в 2017 залучені ними кошти вже перевищили цифру в 265млн \$. Зростає не тільки загальна сума інвестицій, а й середні показники залучених коштів на один проект. Основна частка інвестицій спрямовується із за кордону.

### 4.1 Опис основних ідей проекту системи моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу

У сучасну епоху інформаційних технологій, перед впровадженням певного комерційного продукту слід ретельно проаналізувати як стан ринку так і перспективи впровадження даного технологічного рішення. Саме з цією метою і робиться цей поділ, з використанням спеціальних методів досліджуються перспективи можливості виходу на ринок нового програмного забезпечення, аналізуються перспективи та ризики, а також описуються загальні рекомендації. В таблиці 4.1 детально описано усі основні впливові фактори при розробці стартап-проекту.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного продукту для моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу	1. Моделювання поточної ситуації в слабкоструктурованій системі	Сповіщення користувача про поточний слабкоструктурованої системи
	2. Моделювання можливих змін в слабкоструктурованій системі	Користувач буде знати чого очікувати від впровадження змін на слабкоструктуровану систему

Наступним кроком є проведення аналізу порівняння показників нового проекту, де відображаються його переваги та недоліки в порівнянні з існуючими аналогами. Ці порівняння вказують на наступні якісні характеристики:

- гірші значення (W, слабкі);
- аналогічні (N, нейтральні) значення;
- кращі значення (S, сильні).

У товарів та концепцій аналогів наведено загальне значення за шкалою від одного до п'яти для коректного оцінювання можливостей, або конкретна числова характеристика кожного з аналогів, що наведені в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	Оцінка товарів/концепції конкурентів (потенційні)				W	N	S
		Мій проект	КОСМОС	ІГЛА	КАНВА			
1.	Невисока вартість	5	5	4	3			+
2.	Інтерфейс побудови когнітивних карт	5	4	5	3		+	
3.	Швидкість аналізу стану системи	3	5	3	4		+	
4.	Наявність веб інтерфейсу	+	+	-	+	+		

З таблиці видно, що розроблений проект має як сильні так і слабкі сторони. До переваг можна віднести низьку вартість та наявність веб інтерфейсу, а до недоліків швидкість аналізу стану слабкоструктурованої системи.

## 4.2 Аналіз ринкових можливостей проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу

Для визначення ринкових можливостей спочатку проводиться аналіз попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, що описано у Таблиці 4.3. Дана категорія пристроїв в Україні сертифікації не потребує.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	0
2	Загальний обсяг продаж, (для сектора)	\$0
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Незмінна
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Значна конкуренція, велика кількість аналогів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Не потребує
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$R = (3650 - 1300) / 1300 * 100 = 181\%$

Рентабельність визначається за наступною формулою:

$$P = \frac{П * 100}{В_v}$$

де П — прибуток від реалізації товару;

$В_v$  — виробнича собівартість продукту.

Не зважаючи на значну конкуренцію ринок є доволі привабливим для входження.

Далі необхідно визначити групи потенційних клієнтів та створюються вимоги до продукту для кожної групи, що детально описано у Таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<b>№ п/п</b>	<b>Потреба, що формує ринок</b>	<b>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</b>	<b>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</b>	<b>Вимоги споживачів до товару</b>
1.	Проблема вдосконалення слабкоструктурованої системи	Підприємства	Точність оцінки майбутнього стану системи в залежності від внесених змін до її стану	Висока точність
2.	Застарілі методи аналізу слабкоструктурованих систем	Підприємства	Можливість отримувати прогноз розвитку системи за певний період знаючи заплановані зміни що будуть проведені в системі	Простота взаємодії

Після визначення потенційно можливих клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища. Для цього було складено наступну таблицю за факторами, що впливають на ринкове впровадження проекту (Таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

<b>№ п/п</b>	<b>Фактор</b>	<b>Зміст загрози</b>	<b>Можлива реакція компанії</b>
1.	Конкуренція	Висока конкуренція на ринку	Знаходження кращого співвідношення ціна/якість
2.	Розробка	Можливе подорожчання розробки	Пошук альтернативних компонентів
3.	Фінанси	Низький рівень продажів	Створення партнерської програми
4.	Ринок	Невеликий ринок збуту	Розширення локального ринку

Роблячи висновки з таблиці 4.5 при впровадженні стартап-проекту слід уважно стежити за бажаннями ринку, щоб залишатися актуальними та не вигоріти фінансово.

Далі проводиться аналіз ринку пропозиції, що є також значним фактором при виході нового продукту на ринок. Саме для цього визначаються загальні риси конкуренції на ринку, що наведено та описано в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<b>Особливості конкурентного середовища</b>	<b>В чому проявляється дана характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</b>
1. Тип конкуренції: - чистий	Можливість вільно конкурувати на ринку	Можливості чесної конкуренції
2. За рівнем конкурентної боротьби: - міжнародний	На ринку присутні іноземні фірми-конкуренти	Додати можливість вибору мови ПЗ, щоб легше було у майбутньому вийти на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою: - міжгалузева	Оскільки технологія може бути використана для в багатьох галузях	Оптимізація програмно-апаратних засобів з метою покращення співвідношення ціни та якості
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Види товарів схожі за функціональністю	Враховувати недоліки компонентів
5. За характером конкурентних переваг: - цінова	Ціна дуже важливий фактор при виборі продукції	Приділяти більше уваги ціновим характеристикам компонентів
6. За інтенсивністю: - марочна	Бренд сильно впливає на впізнаваність продукції	Створення та підтримка власного бренду

Наступний етап аналізу - це аналіз конкурентів. Аналіз починається з визначення головних і потенційних конкурентів. Необхідно детально дослідити

конкурентів: їх цілі, стратегії і звісно сильні та слабкі сторони. Аналіз конкурентів приведений в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінник
	ИГЛА	КОСМОС	Значна кількість постачальників	Активно диктують умови	Збільшення кількості аналогічних товарів
<b>Висновки:</b>	Компанія вже значно закріпилася на ринку, тому конкуренція інтенсивна	Компанія надає схожі послуги але працює з іншими групами клієнтів	Постачальник не впливає на ринок	Мають основний вплив	Велика кількість товарів – замінників

За результатами аналізу таблиці 4.7 було зроблено висновок про можливість роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію. Цей висновок був врахований при формулюванні переліку факторів конкурентоспроможності в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Ціна	Дане рішення не потребує дорогого додаткового обладнання та матеріалів, а достатньо лише програмного рішення.
2.	Модульність	Можливість розширення функціоналу на будь які слабкоструктуровані системи
3.	Простота використання	Немає необхідності встановлювати чи завантажувати програмне забезпечення – достатньо зайти на веб-ресурс

Використовуючи дані з Таблиці 4.8 складемо обґрунтування конкурентоспроможності продукту, та проаналізуємо сильні та слабкі сторони проекту (Таблиця 4.9), детальний SWOT-аналіз наведено у таблиці 4.10.

Таблиця 4.9 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом з оптимізації роботи з даними у сучасних веб-сервісах						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	20		+					
2.	Модульність	13					+		
3.	Простота використання	16			+				

Таблиця 4.10 – SWOT- аналіз стартап-проекту

<u>Сильні сторони:</u> Невисока ціна, можливість розширити функціонал продукту, Простота використання	<u>Слабкі сторони:</u> Неможливість роботи за відсутності доступу до Інтернету
<u>Можливості:</u> Зацікавленість продуктом різних груп споживачів	<u>Загрози:</u> Небажання підприємств переходити до нового способу взаємодії.

На основі SWOT-аналізу розробляються план альтернативи ринкової поведінки (Таблиця 4.10) для виведення стартап-проекту на ринок за орієнтовний оптимальний час з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок або вже зайняли свою нішу на ньому. Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності та можливостей самого проекту.

Таблиця 4.11 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розробка мобільного клієнта	80%	3-4 місяці
2.	Покращення модульності продукту	70%	5 місяць

Підсумовуючи можна дійти висновку, що найбільш швидким буде 1 і він же має найбільшу ймовірність отримання ресурсів.

### 4.3 Технологічний аудит ідеї системи моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу

В межах даного підрозділу було проведено аудит технології, з використанням якої можна реалізувати основну ідею проекту (технології створення товару). Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз можливостей створення товару чи продукту самим розробником, або використання готового рішення для заданої системи роботи з даними, основні ідеї та способи вирішення поставлених задач було розглянуто та описано далі в таблиці 4.12. Для основних критеріїв оцінювання обрані пункти з попереднього підрозділу.

Таблиця 4.12 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Використання веб сервісу	ASP.NET Core	Наявна	Доступно.
2	Визначення концептів та їх взаємовпливів	Використання статистичних даних	Наявна	Доступно.
		Залучення групи експертів аналітиків	Наявна	Доступно за додаткову плату



Продовження таблиці 4.12

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
3	Створення програмного забезпечення	Visual Studio IDE	Наявна	Доступно.
		Visual Studio Code	Наявна	Доступно.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: для розробки було обрано технологію ASP.NET Core як нову та зручну технологію для створення веб застосунків. Для визначення концептів, їх типів та видів взаємозв'язків буде використано статистичні дані. Для розробки програмного продукту буде використано Visual Studio IDE.				

#### 4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу

Наступним кроком є визначення способу охоплення ринку . Для цього проводиться опис цільових груп потенційних споживачів (Таблиця 4.13), після визначення цільового клієнта визначаються усі базові стратегії розвитку проекту (Таблиця 4.14).

Таблиця 4.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Підприємства	Низька готовність	Низький	Низька	Досить складно
2.	Вищі навчальні заклади	Існує зацікавлення	Середній	Низька	Складно

Продовження таблиці 4.13

<b>№ п/п</b>	<b>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</b>	<b>Готовність споживачів сприйняти продукт</b>	<b>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</b>	<b>Інтенсивність конкуренції в сегменті</b>	<b>Простота входу у сегмент</b>
3.	Економічні структури	Низька готовність	Середній	Висока	Складно
Як висновок можна зазначити, що всі цільові групи не готові до роботи з новим проектом. Найкращим рішенням для стартап-проекту є використання стратегії масового маркетингу					

У якості базової стратегії розвитку було обрано стратегію лідерства по витратах, вона передбачає, що компанія за рахунок чинників внутрішнього і/або зовнішнього середовища може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною (або ж ціною головного конкурента).

Компанії, що вибирають цю стратегію, проводять ретельний контроль за постійними витратами, знижують виробничі, збутові і рекламні витрати, проводять інвестиції, спрямовані на зменшення витрат, ретельне опрацювання конструкції нових товарів.

Таблиця 4.14 – Визначення базової стратегії розвитку

<b>№ п/п</b>	<b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b>	<b>Стратегія охоплення ринку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>
1	Розробка власного програмного забезпечення	Стратегія масового маркетингу	Зниження собівартості, підвищення функціональних параметрів	Стратегія лідерства по витратах

В якості основної стратегія конкурентної поведінки була вибрана стратегія виклику лідера буде використовуватись так звана флангова атака, що передбачає атаку на слабкі сторони фірми-лідера - ціну, значущий для споживача сервіс. Для лідера особливо відчутна є цінова атака, адже лідеру треба зазнати значних витрат, щоб відповісти на атаку з цього флангу.

З результатами досліджень всього підрозділу можна ознайомитися в таблиці 4.15, в ній визначена стратегія позиціонування з урахуванням основних вимог до товару та стратегії розвитку проекту.

Таблиця 4.15 – Визначення стратегії позиціонування

<b>№ п/п</b>	<b>Вимоги до товару цільової аудиторії</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові конкурентоспроможні позиції проекту</b>	<b>Вибір асоціацій</b>
1	Якість, точність, надійність, низька ціна	Стратегія лідерства по витратах	Надійність, точність, гнучкість, низька ціна	Економічність, простота, гнучкість

Результати, які були отримані з усіх таблиць в цьому підрозділі дають повне уявлення щодо ринкової поведінки, яка потрібна стартап-компанії для успішного просування на ринку з урахуванням усіх стратегій розвитку.

#### **4.5 Розроблення маркетингової програми проекту моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу**

При розробці маркетингової концепції товару важливо визначити ключові переваги концепції потенційного товару, що наведені в таблиці 4.16. Також була розроблена трирівнева модель товару (Таблиця 4.17), що уточнює основні ідеї розробки продукту з уточненням ідеї самого продукту та пояснює його властивості.

Таблиця 4.16 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1.	Точність розрахунку інформації	Використання якісних та швидких алгоритмів, що надають точну інформацію за короткий час	Менша ціна при більшій точності
2.	Розширення функціоналу	Застосування до різних галузей	Можливість доволі швидко змінити функціонал продукту
3.	Простоте використання	Використання через браузер.	Немає потреби регулярно перевстановлювати чи оновлювати програмне забезпечення

Таблиця 4.17 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Моделювання слабкоструктурованих систем
II. Товар у реальному виконанні	Властивості: Система, що моделює стан слабкоструктурованої системи
III. Товар із підкріпленням	До продажу: базова версія
	Після продажу: постійна модернізація
Товар буде захищено від копіювання шляхом приховування вихідного коду програмних продуктів	

Далі необхідно визначити ціновий діапазон в якому буде знаходитись ціна на розроблюваний продукт. Приблизне значення ціни зазначене в таблиці 4.18.

Таблиця 4.18 – Визначення меж встановлення ціни

<b>Рівень цін на товари-замінники</b>	<b>Рівень цін на товари-аналоги</b>	<b>Рівень доходів цільової групи споживачів</b>	<b>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу</b>
3.5 – 6 тис. грн	6 – 35 тис. грн	10 – 35 тис. грн	5 - 6 тис. грн

Оптимальна система збуту визначена в таблиці 4.19, а концепція маркетингових комунікацій зазначена в таблиці 4.20, де визначена специфіка поведінки клієнтів.

Таблиця 4.19 – Формування системи збуту

<b>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</b>	<b>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</b>	<b>Глибина каналу збуту</b>	<b>Оптимальна система збуту</b>
Клієнти прагнуть отримувати товар за меншою ціною за рахунок конкуренції	Постачальник має забезпечити доступ до веб ресурсу	Однорівневий чи нульовий канали збуту	Власноруч та через посередників

Оскільки цільовою аудиторією є підприємства, буде доцільно в якості каналу залучитися партнерством із приватними підприємствами що зацікавлені в співробітництві.

Таблиця 4.20 – Концепція маркетингових комунікацій

<b>Специфіка поведінки цільових клієнтів</b>	<b>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</b>	<b>Ключові позиції, обрані для позиціонування</b>	<b>Завдання рекламного повідомлення</b>	<b>Концепція рекламного звернення</b>
Небажання співпрацювати через низьку вигоду	Інтернет, телефонний зв'язок	Моніторинг та прогнозування якості стану слабкоструктурованої системи	Звернути увагу на співвідношення ціни, якості та можливостей які надає даний продукт	Висока якість за помірну ціну

### **Висновки**

В даному розділі було розглянуті основні ідеї проекту. Були проаналізовані потреби можливих клієнтів та можливість ці потреби задовольнити. Був проведений аналіз ринку, де розглянулись тенденції галузі, основні конкуренти їх сильні та слабкі сторони. Було порівняно досліджуваний проект в порівнянні з наявними аналогами та виділені сильні та слабкі сторони продукту. До сильних сторін відноситься невисока ціна, непримхливість та простота у використанні. Для успішної реалізації продукту необхідно розробити торгову марку та знайти перших клієнтів аби продемонструвати якість переходу на новий рівень співпраці.

В результаті даного дослідження можна дійти до висновку, що даний проект має погані показники конкурентоспроможності так як зараз нажалі підприємства не є зацікавленими в такого роду аналізі. Даний спосіб не є достатньо точним, а також є досить новим, через що виглядає ненадійно, і це відлякує потенційних клієнтів.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дисертації було досліджено предметну область, визначено вхідні дані, які надходять до системи та їх джерела. Визначені вихідні дані моделювання системи та приведено їх структуру. Описано та зображено процеси та функції які реалізуються у системі за допомогою діаграм діяльності та варіантів використання.

Було проведено вдасконалення та адаптацію існуючого алгоритму імпульсного моделювання для коректної роботи системи та можливості проведення необхідного моделювання та подальшого аналізу станів системи. Описано проведені удосконалення алгоритму та наведено покроковий опис удосконаленого алгоритму.

Для розробки програмного забезпечення були використані такі засоби: мова C#, фреймворк ASP.NET Core, середовище розробки Visual Studio для серверної частин та Visual Studio Code для клієнтської частини. Наведено опис засобів розробки та перелік основних переваг вибраних засобів.

Була розроблена модель бази даних, що дозволяє зберігати та здійснювати доступ до даних комплексу задач. Для управління базою даних використовується СКРБД MsSQL.

Описані випробування програмного продукту на відповідність функціональним вимогам.

За матеріалами дисертації було опубліковано одну наукову роботу: тези доповіді на конференції [33].

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton: University Press. – 1976. – 285 p.
2. Найссер В. У. Когнитивные карты как схемы [Электронный ресурс] / В. У. Найссер. - Режим доступа до ресурсу: <http://www.psychology-onliiie.net/articles/doc-694>
3. Максимов В. И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений [Электронный ресурс] / В. И. Максимов, Е. К. Корноушенко, С. В. Качаев. - Режим доступа до ресурсу: <http://www.iis.ru/events/19981130/maximov.ru.html>.
4. Максимов В., Качаев С., Корноушенко Е. Анализ и управление в нестабильной среде. // Банковские Технологии, №3, 1999.
5. Максимов В.И., Качаев С.В. Технологии информационного общества в действии: применение когнитивных методов в управлении бизнесом.
6. Кононов Д.А. Эффективные стратегии формирования сценариев поведения сложных систем в АСУ ЧС. / Д. А. Кононов // Автоматика и телемеханика. –2002. –No2. –С. 170-181.
7. Активное проектирование с Эндели Лимитед. Основы ТАП. Практический пример. - Режим доступа: [http://www.activepro.ru/tap\\_example.htm](http://www.activepro.ru/tap_example.htm)
8. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экономическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
9. Отчет «Анализ и систематизация материалов об опыте формирования системы менеджмента качества образования и подготовки специалистов по управлению качеством образования» за № 03.р.20.11.0026 от 12.08.2011 г. – Москва, 2011. – 247 с.
- 10.htmlАфанасьева М. П. Управление качеством в образовательном учреждении / М. П. Афанасьева, И. С. Кейман, А. И. Севрук // Стандарты и мониторинг в образовании. – 1999. – № 1. – С. 35–38.



11. Зимняя И. А. Компетентностный подход. Каково его место в системе современных подходов к проблемам образования? (Теоретико-методологический подход) // Высшее образование сегодня. – 2006. – № 8. – С. 21-26.
12. Сергеев В. М. Когнитивные методы в социальных исследованиях: Язык и моделирование социального взаимодействия. – М.: Прогресс, 1987. – С. 3 – 22.
13. Axelrod R.M. Psycho-Algebra: A Mathematical Theory of Cognition and Choice with an Application to the British Eastern Committee in 1918: Peace Research Society // Papers XVIII, The London Conference. – 1971. – P. 113 – 131.
14. Таран Т.А., Разумовский О.В. Логико-алгебраическая модель для формализации качественных знаний // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 1995. – № 5. – С. 100 – 107.
15. Кулинич А.А. Модель поддержки формирования знаний в плохо определенных проблемных областях // Труды международного конгресса "Искусственный интеллект в 21 веке" ICAI2001. – Дивноморск. – 2001. – С. 84 – 92.
16. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. – М.: ИНПРО–РЭС, 1995. – 228 с.
17. Cartwright D., Harary F. Structural Balance: a Generalization of Heider's Theory // Psych. Rev., 63. – 1956. – P. 177 – 293.
18. Маригодов В.К. Теория и практика научных исследований / В.К. Маригодов, Г.А. Тихонов. — Севастополь: СевНТУ, 2007. — 247 с.
19. Кулинич А.А. Система когнитивного моделирования «Канва» // Труды Восьмой национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ 2002. – Коломна. – 2002. – С. 632 – 641.
20. Кулинич А.А. Система моделирования плохо определенных нестационарных ситуаций // Труды второй международной конференции «Когнитивный

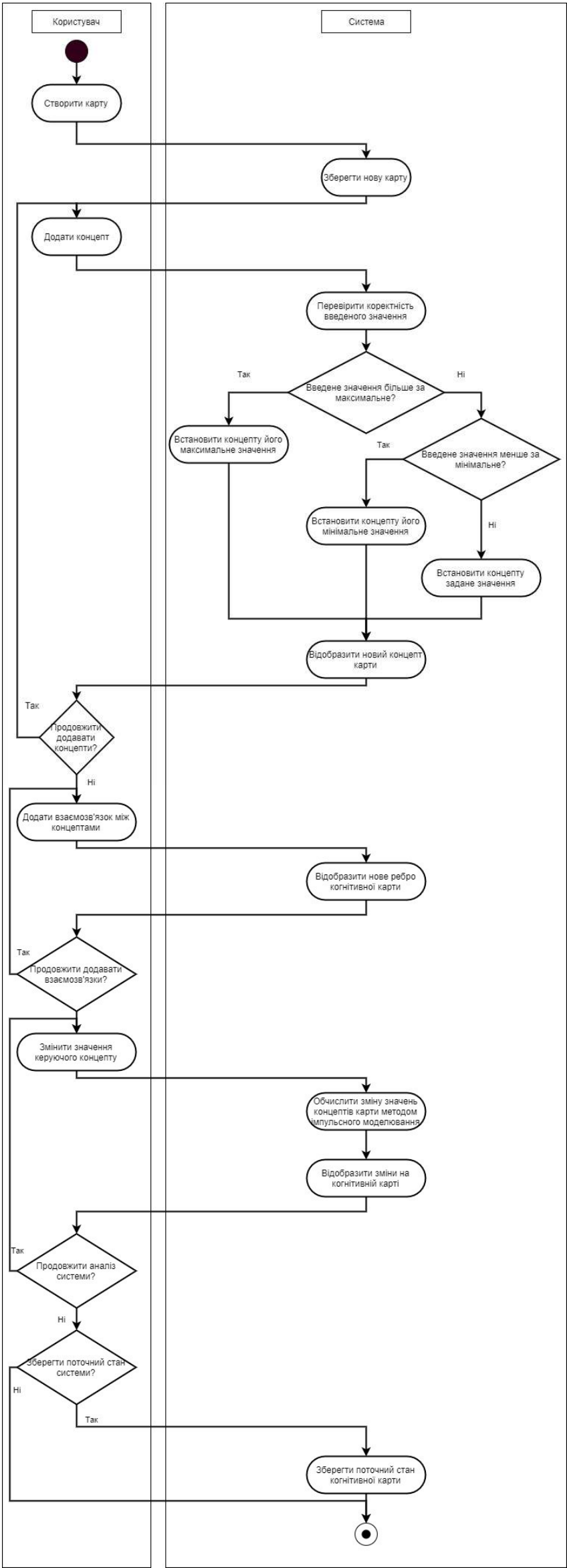
- анализ и управление развитием ситуации». – М.: ИПУ РАН, 2002. – С. 44 – 50.
21. Таран Т.А. Ситуационное моделирование на основе качественных рассуждений // Искусственный интеллект. – 1996. – №1. – С. 102 – 114.
  22. Маригодов В.К. Педагогика и психология: аспекты активизации творчества и готовности к профессиональной деятельности: учеб. пособие / В.К. Маригодов, С.Е. Моторная. — К.: Изд. Дом «Профессионал», 2005. — 192 с.
  23. Маригодов В.К. Оценка эффективности системы обучения на основе нечетких когнитивных карт / В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк, Е. Стамировски // Специалист. — 2000. — № 1. — С. 24–26.
  24. Кисельов О.О. Експертне оцінювання ефективності процесу формування знань студентів / О.О. Кисельов, В.К. Марігодов // Проблеми освіти. — Вип. 42. — С. 168–174.
  25. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечёткой обстановке в макроэкономике, политике, менеджменте, экологии, медицине / В.Б. Силов. — М.: Изд-во «ИНПРО-РЕС», 1995. — 228 с.
  26. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Гинис Л.А. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем. — Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. унта, 2005. — 288 с.
  27. Пермяков О.Е. Диагностика формирования профессиональных компетенций / О.Е. Пермяков, С.В. Менькова. — М.: ФИРО, 2010. — 114 с.
  28. Родионов А.В. Применение ігт-моделей для анализа результатов обучения в рамках компетентностного подхода / А.В. Родионов, В.В. Братищенко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [www.science-education.ru/11813858](http://www.science-education.ru/11813858)
  29. Шленский О.Ф., Бодэ Б.В. К математическому выражению накопления информации и ее забывания // Вопросы психологии. 1967. N 4. – С.180–182.

30. Маригодов В.К. Основы научных исследований: Инженерная педагогика / В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк. — Севастополь: СевГТУ, 1999. — 240 с.
31. Плотинский, Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. М.:Издательская компания «Логос», 1998. — 280 с.
32. Писарева О.М. Методы социально-экономического прогнозирования: Учебник. — М.: ГУУ – НФПК, 2003. — 394 с. 6.
33. Джура Р.С. Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу / Р.С. Джура, О.Г. Жданова / Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Інформаційні системи та технології управління» (ІСТУ-2019) – м. Київ.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 20-22 листопада 2019 р. – С. 227-234.
34. MSDN Microsoft documentation. Introduction to ASP.NET Core. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/en-US/aspnet/core/?view=aspnetcore-2.1>
35. MSDN Microsoft documentation. C# Guide. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/en-US/dotnet/csharp/>
36. MSDN Microsoft documentation. Microsoft SQL documentation. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/?view=sql-server-ver15>

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал

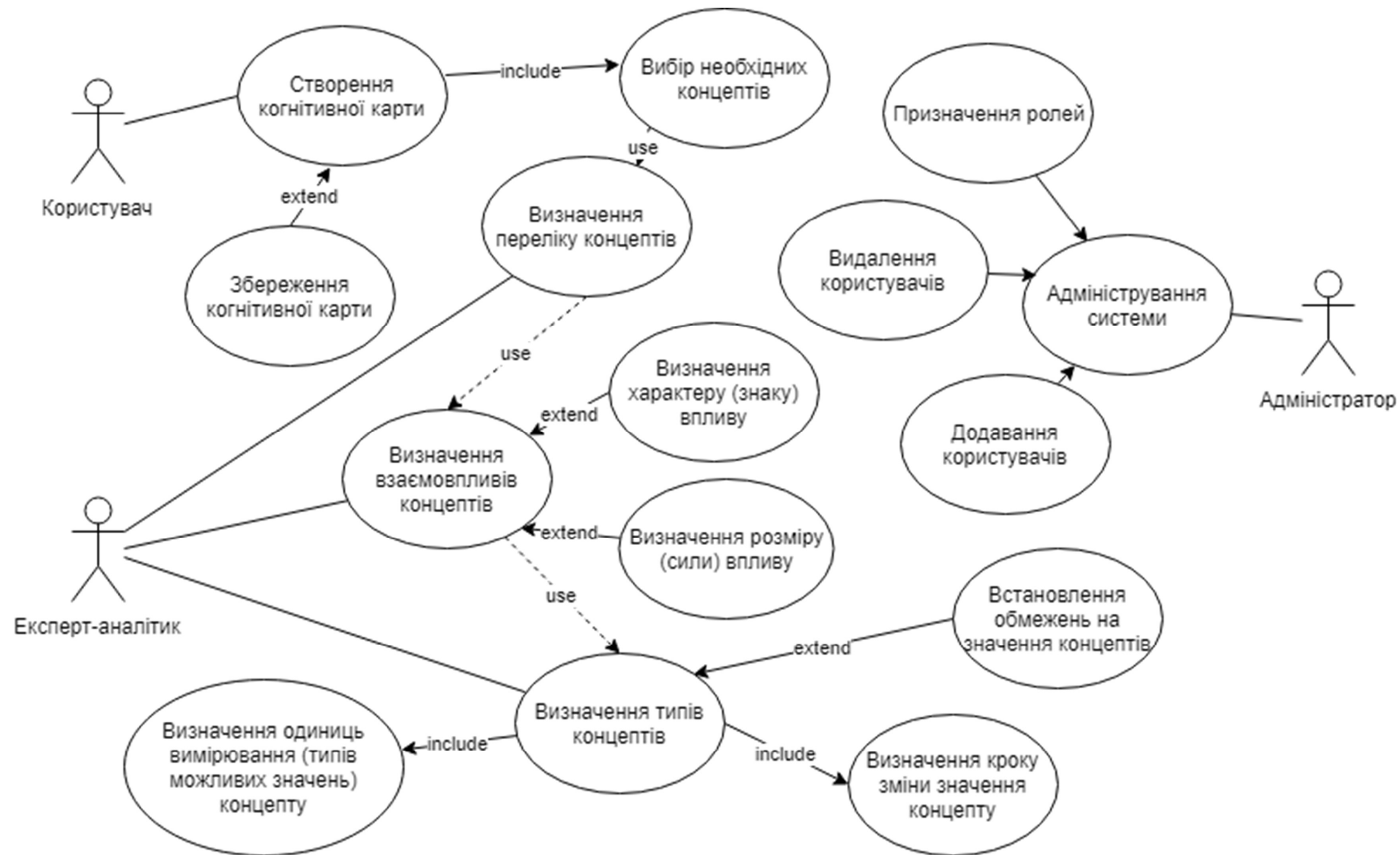
Діаграма діяльності процесу створення та аналізу користувачем когнітвної карти



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
«Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням когнітивного підходу»

Магістрант  
Керівник

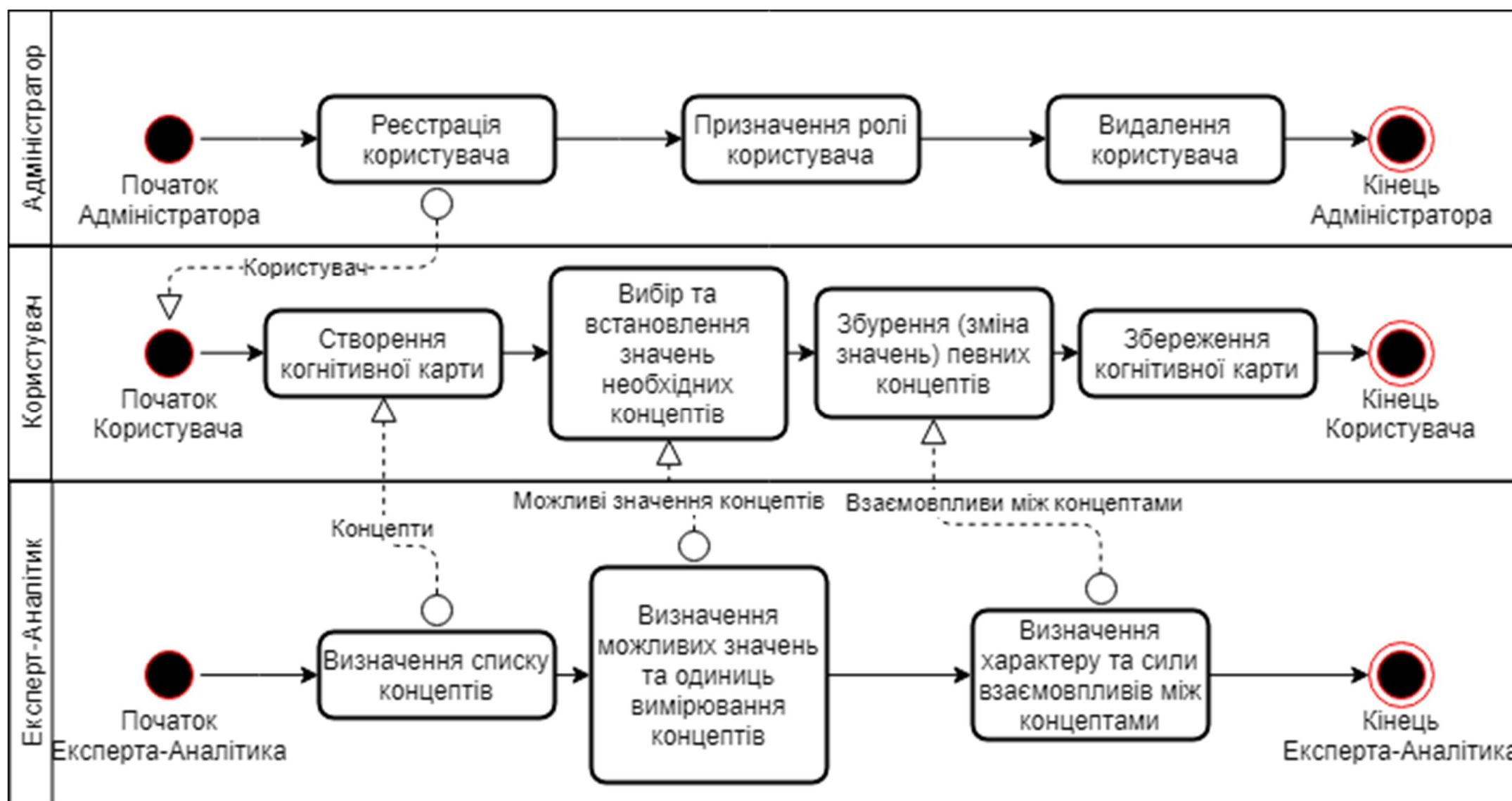
Джура Р. С.  
Жданова О. Г.



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
«Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням  
когнітивного підходу»

Магістрант  
Керівник

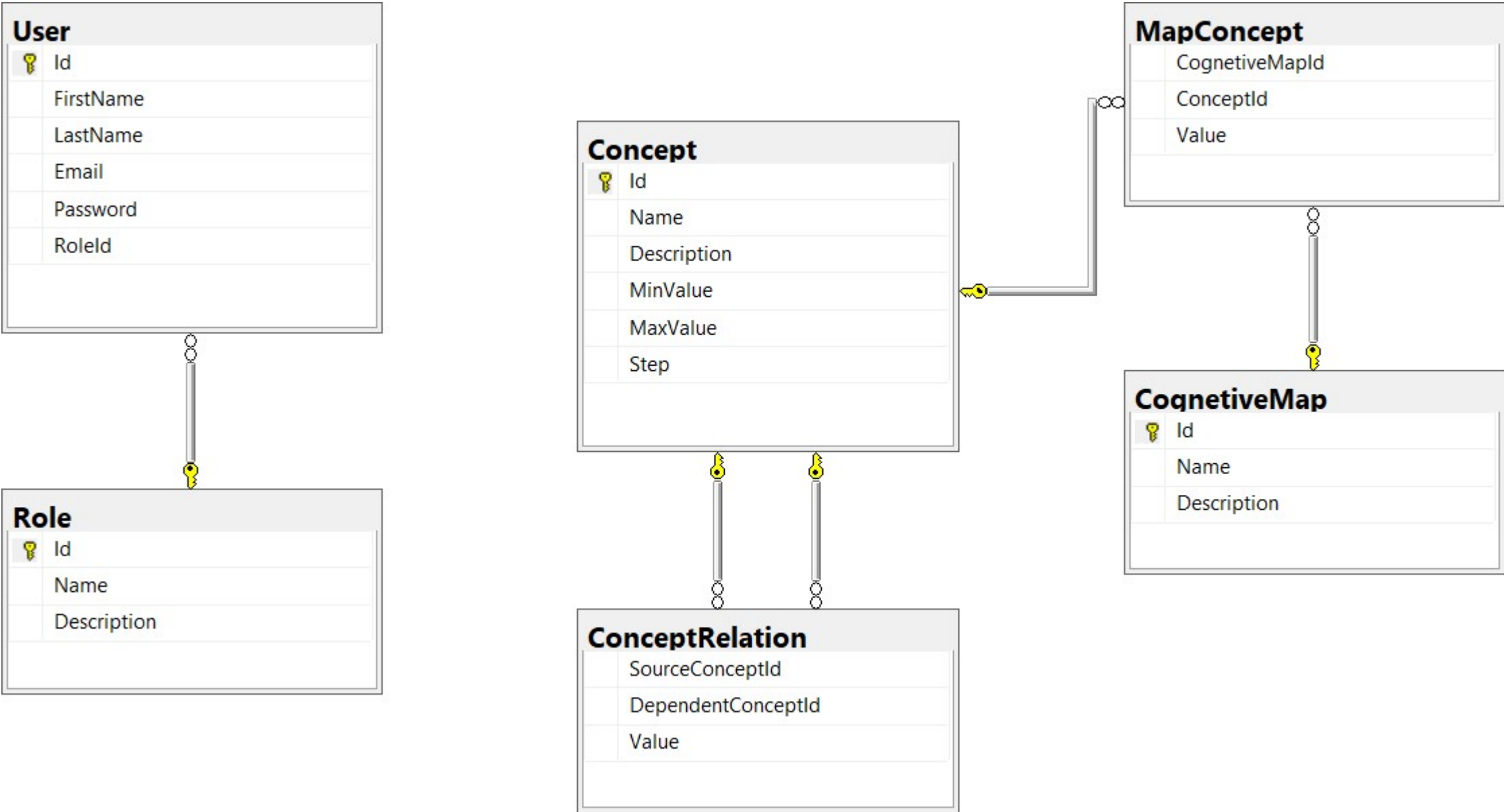
Джура Р. С.  
Жданова О. Г.



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
 «Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням  
 когнітивного підходу»

Магістрант  
 Керівник

Джура Р. С.  
 Жданова О. Г.

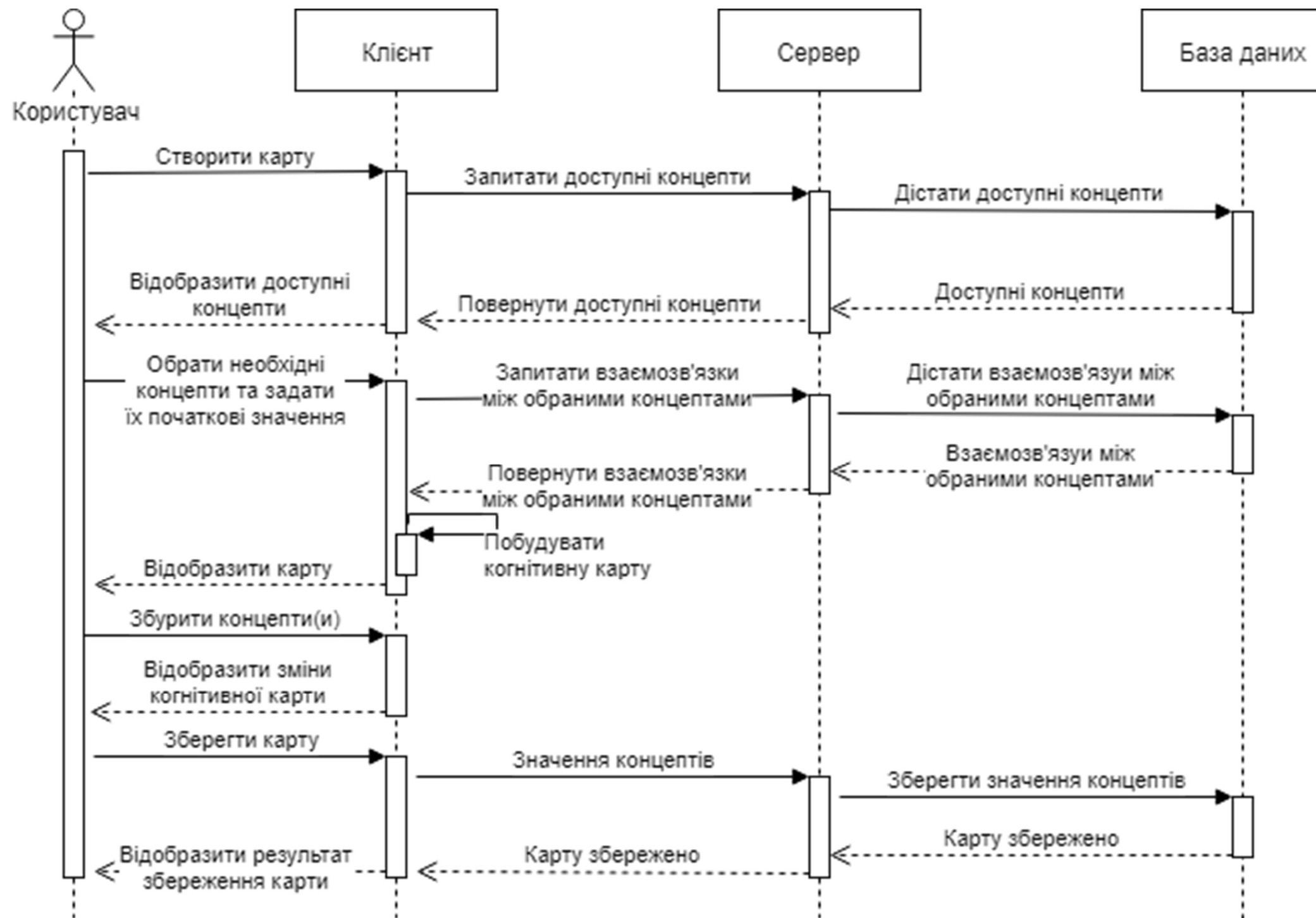


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
«Модельовання слабкоструктурованих систем з використанням  
когнітивного підходу»

Магістрант  
Керівник

Джура Р. С.  
Жданова О. Г.



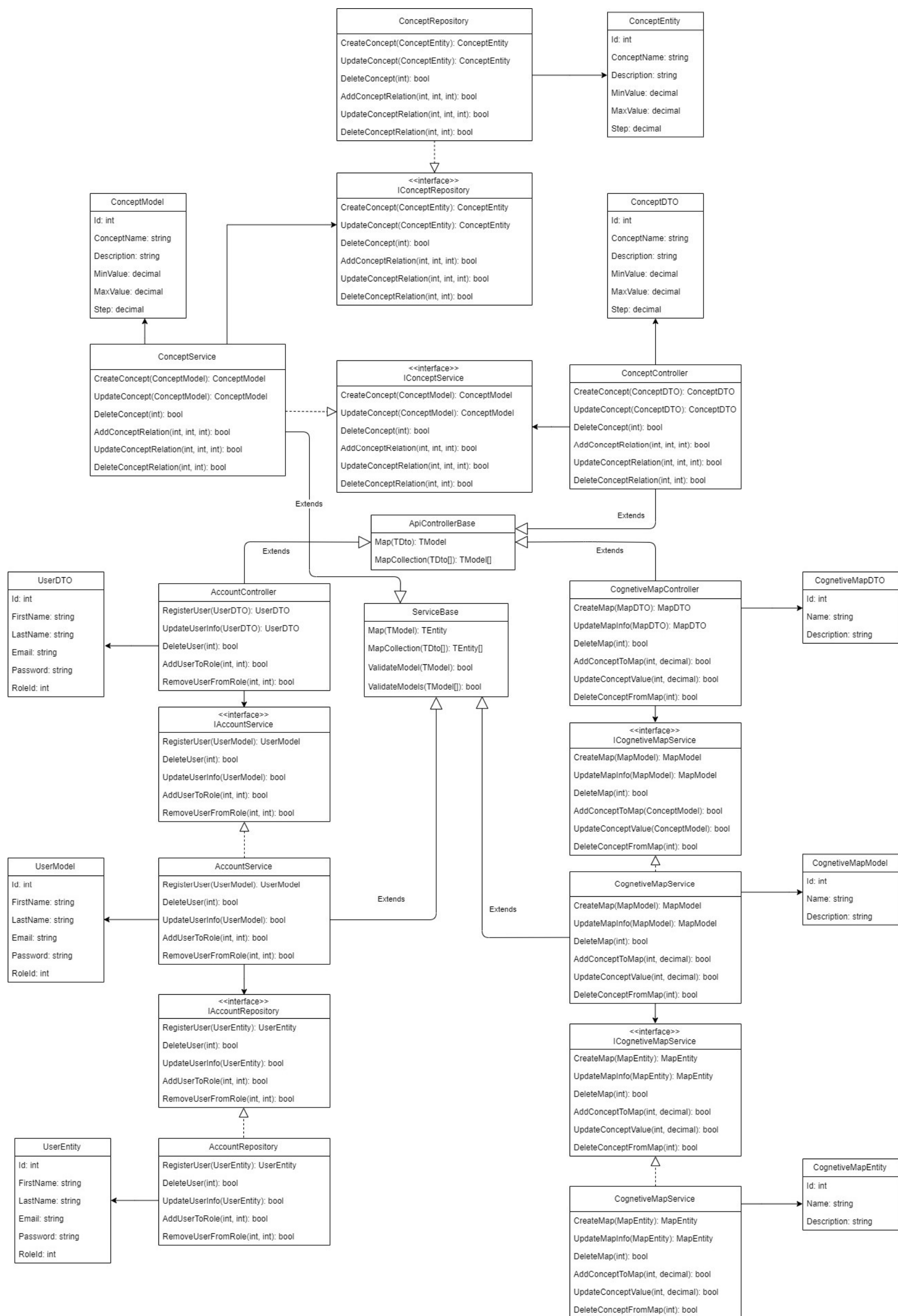


Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
 «Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням  
 когнітивного підходу»

Магістрант  
 Керівник

Джура Р. С.  
 Жданова О. Г.

## Діаграма класів



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації  
*«Моделювання слабкоструктурованих систем з використанням  
 когнітивного підходу»*

Магістрант  
 Керівник

Джура Р. С.  
 Жданова О. Г.